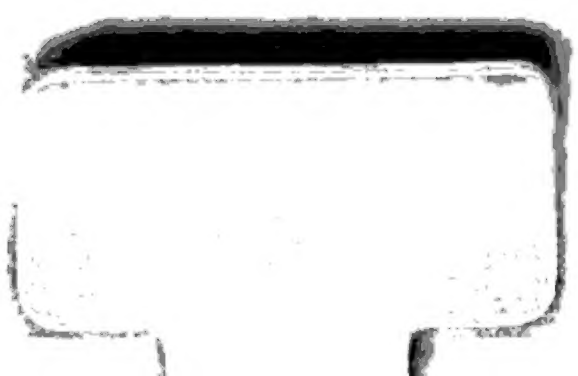
UC-NRLF
B 4 252 218
Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Johann Samuel Traugott Gehler's

Physikalisches

Wörterbuch

neu bearbeitet

von

Gmelin. Littrow. Muncke. Pfaff.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

Zehnter Band.

Erste Abtheilung.

W — Wae.

Mit Kupfertafeln I bis IX.

Leipzig,
bei E. B. Schwickert.
1841.

Digitized by Google

QC5
G4
v.10:1

524.33870

518824

Digitized by Google

Physikalisches Wörterbuch

X. Band.

Erste Abtheilung.

W —— Wae.

Digitized by Google

Gewicht der Körper, d. h. die Menge der in ihnen enthalte nen, gegen die Erde gravitirenden Theilchen, gemessen wir Je nach den verschiedenen Bestimmungen hat man diesen Ap paraten eigenthümliche Namen gegeben, und man unterscheid daher die sogenannten Krämerwaagen, die chemischen, die Pro birwaagen, Goldwaagen, hydrostatische Waagen u. dgl. Vo der anderen Seite hat das Princip, worauf sie beruhn, de Grund zu eigenthümlichen Benennungen gegeben, indem si zweiarmige Waagen, Schnellwaagen, Federwaagen u. s. w heifsen. Alle diese einzelnen Benennungen werden im Folgen den, so weit es nöthig ist, berücksichtigt werden.

Die meisten und zugleich richtigsten hier zu untersuchende Waagen beruhn auf dem Principe des *Hebels*[1], indem die z messenden Lasten und Gewichte die auf die Hebelarme wir kenden Kräfte ersetzen. Die einfachste Anwendung dieses Prin cips ist aber in der zweiarmigen oder gleicharmigen, der soge nannten *Krämerwaage*, gegeben, die nach ihren verschiedene Bestimmungen wieder als *chemische Waage*, *Goldwaage*, *Pro birwaage*, *hydrostatische Waage* u. s. w. bezeichnet wir und da so vieles, was bei diesen Apparaten überhaupt zur Wesen der Sache gehört, gerade hierbei vorzüglich in Betrach tung kommt, so ist es am geeignetsten, die Erfordernisse eine guten Waage und deren Bedingungen bei der Untersuchun über die Krämerwaage zu erörtern.

Man pflegt die Theorie der Waage, die auf den Ge setzen des Hebels und des Schwerpunctes beruht, vermittels der sogenannten *Universalwaage* anschaulich zu machen die nach Leupold[2] aus einem hölzernen, ganz regulärer in eine gewisse Anzahl gleicher Theile getheilten, Paralle lepipedum besteht und mit gewöhnlichen, unten zugeschärf ten Zapfen in Pfannen auf einem Stative ruht. Soll de Apparat feiner seyn, so verfertigt man den Waagebalke aus Stahl und theilt ihn in gleiche aliquote Theile, die zu noch gröfserer Schärfe mit einem Nonius versehn und so eingerich tet werden, dafs sich die Schieber, deren mittlerer den Waa gebalken trägt, während an den beiden äufsern die Waagscha len befestigt sind, auf dem Waagebalken sanft verschieben un

1 S. Art. *Hebel*. Bd. V. S. 105.

2 Theatrum staticum universale. Leipz. 1726. fol. Tab. V. fig. 2.

Digitized by Google

an jeder beliebigen Stelle feststellen lassen; allein die Theorie ist so einfach und an sich so klar, dafs sie eines Beweises durch das Experiment nicht bedarf, welches ohnehin schwierig ist, und wobei noch obendrein jede Abweichung von den Resultaten des Calcüls dem Mangel absoluter Genauigkeit solcher Apparate zur Last fällt. Die Theorie der Waage ist zuerst ebenso vollständig als gründlich durch L. Euler[1] gegeben worden, welchem nachher Karsten[2], Kästner[3], G. G. Schmidt[4], v. Gerstner[5], Letzterer mit einer sehr ausführlichen Darstellung alles dessen, was sich auf die Construction der verschiedenen Arten von Waagen bezieht, und viele Andere gefolgt sind. Beschreibungen von Waagen sowohl im Allgemeinen, als auch einzelner, nach abgeänderten oder verbesserten Principien construirter, giebt es in ausnehmend grofser Menge, unter denen ich aufser den bereits erwähnten von Leupold und Schmidt[6] nur die von Cramer[7], von Leutmanns[8] und von Körner[9] nennen will, mit Uebergehung derer, die sich in verschiedenen Werken, namentlich den Encyklopädien, finden, da ohnehin manche, die im Verfolge der Untersuchung Berücksichtigung verdienen, besonders erwähnt werden müssen.

a) Krämerwaage.

Die Krämerwaage ist ein zweiarmiger Hebel, und da hierfür das Gleichgewicht statt findet, wenn $PL = P'L'$ ist, wobei P und P′ die wirkenden Kräfte, hier die Gewichte, L und L′ aber die Längen der Hebelarme vom Unterstützungspuncte an bezeichnen, so folgt hieraus, dafs beide Arme gleich lang seyn müssen. Allein der Hebel ist hierbei kein mathematischer, son-

---

1 Comment. Acad. Sc. Imp. Petrop. T. X. p. 1.

2 Lehrbegriff der gesammten Mathematik Th. III. Greifsw. 1769.

3 Anfangsgründe der Mechanik. Gött. 1780.

4 Sammlung physisch-mathematischer Abhandl. Giefs. 1793.

5 Handbuch der Mechanik. Prag. 1831. 4. Th. I. S. 169.

6 Vergl. Magazin für das Neueste aus d. Phys. Th. IX. St. 3. S. 71.

7 Elementa artis docimasticae. Lugd. Bat. 1735. 8. Anfangsgr. d. Probirkunst. Ueb. von Gellert. Leipz. 1749. 2te Aufl. 1766. Th. I. S. 304.

8 Comment. Petrop. T. II. p. 35.

9 Anleitung zur Verfertigung übereinstimmender Thermometer u. s. w. Jena 1824. 8.

Digitized by Google

dern ein physischer, aus einem Körper bestehend, welcher sel ein gewisses Gewicht hat, und da auch dieses zugleich auf Hebelarme wirkt, so mufs das Gewicht eines jeden der beid Hebelarme in seinem Schwerpuncte genommen werden, um de sen Abstand vom gemeinschaftlichen Unterstützungspuncte finden. Hiernach würde der Zustand des Gleichgewichts herg stellt seyn, wenn

$$PL + pl = P'L' + p'l'$$

wäre, worin p und p′ die Gewichte beider Arme in ihr Schwerpuncte, l und l′ aber die Abstände beider Schwerpun vom gemeinschaftlichen Unterstützungspuncte bezeichnen.

Das erste und wichtigste Erfordernifs einer Waage übe haupt ist, dafs sie *richtig* sey, d. h. dafs die gewogenen G genstände genau so viele schwere oder gegen die Erde grav tirende Theile haben, als das zum Wägen verwandte Gewic nach der eigenthümlichen Construction der Waage angiebt. E der Krämerwaage soll der gewogene Körper genau so viel wi gen, als das angewandte Gewichtstück, und da dieses nic blofs für $P = P'$, sondern auch für $nP = nP'$ erforderlich i wobei n eine beliebige ganze oder gebrochene Zahl bezeichne so kann die Bedingung der Richtigkeit einer solchen Waa nur dann statt finden, wenn $P = P'$, $L = L'$, $p = p'$ und $l =$ ist, oder *beide Hebelarme müssen einander an Materia Länge und Dimensionen völlig gleich seyn.* Allerdings kan ein Zustand des Gleichgewichts statt finden, wenn die Un gleichheiten auf beiden Seiten sich aufheben, was auch für ei gegebenes $P = P'$ möglich seyn würde, wenn die dabei sta findende Ungleichheit von L und L′ durch die Ungleichheit vo pl und p′l′ aufgehoben wäre, nicht aber für $nP = nP$ und die Waage würde dann blofs für ein bestimmtes Gewich allerdings richtig seyn, für jedes andere aber unrichtig. Unte den verschiedenen hierfür möglichen Fällen wollen wir bei spielsweise nur L′ und p′ von L und p verschieden annehmer Hierdurch verwandelte sich die Gleichung

$$PL + pl = P'L' + p'l' \text{ in}$$
$$PL + pl = P'(L \mp x) + (p \pm y)l',$$

woraus dann aber folgen würde, dafs

$$nPL + pl \lesseqgtr nP'(L \mp x) + (p \pm y)l'$$

werden müfste. Nimmt man Werthe in Zahlen an, so wäre

Digitized by Google

$$3\times6+2\times3=3\times5+3\times3,$$

allein

$$2.3\times6+2\times3>2.3\times5+3\times3.$$

Gewöhnlich vernachlässigt man die Prüfung der Bedingung, ob $pl=p'l'$ sey, weil man voraussetzt, dafs geübte Künstler diese von selbst erfüllen werden, allein die vorstehende Betrachtung zeigt deutlich, dafs sehr feine Waagen auch in dieser Beziehung Vorzüge vor andern minder genauen haben können. Es ist jedoch nicht schwer zu entscheiden, ob eine gegebene Waage in dieser Beziehung richtig sey, denn da ohne eine Belastung in beiden Waagschalen die letzteren selbst die Gröfsen P und P′ der Gleichung abgeben, oder diejenigen Kräfte sind, welche auf die beiden Arme des Hebels wirken, so würde in dem Falle, wenn diese Gröfsen ungleich sind und die Waage sich dennoch mit ihnen ins Gleichgewicht stellt, nach Wegnahme derselben PL und $P'L'=0$, dagegen $pl \lesseqgtr p'l'$ werden. Man darf daher, um diesen Fehler zu entdecken, nur von einer im Zustande des Gleichgewichts sich befindenden Waage die Schalen abnehmen, worauf ein mit diesem Fehler behafteter Waagebalken aus dem Gleichgewichte kommen und an einer Seite herabsinken wird.

Die Richtigkeit einer Waage erfordert aber aufserdem, dafs $PL=P'L'$ und zwar in der Art sey, dafs $P=P'$ und $L=L'$ seyn mufs, welches jedoch nicht nothwendig statt findet, wenn der Waagebalken sowohl ohne die anhängenden Schalen als auch mit denselben sich ins Gleichgewicht stellt; denn es kann allerdings $(P+x)L=P(L+y)$ seyn, das heifst, das Gleichgewicht kann auch unter der Bedingung statt finden, wenn eine schwerere Schale am kürzeren und eine leichtere am längeren Hebelarme hängt, obgleich der Waagebalken für sich allein gleichfalls sich ins Gleichgewicht stellt. Es liegt indefs in der Natur der Sache, dafs man auch diese Bedingung leicht prüfen könne, wenn man nur die Schalen verwechselt. Inzwischen ist dieses bei vielen Waagen nicht thunlich oder mindestens beschwerlich, und man bringt daher meistens ein anderes, ebenso einfaches, Prüfungsmittel in Anwendung, indem man die Waage mit einer in jeder Schale liegenden Last ins Gleichgewicht bringt und dann die Lasten verwechselt. Inwiefern dieses gegründet sey, ersieht man bald aus der einfachen Formel für das Gleichgewicht. Es seyen demnach die

d by Google

Gewichte der Waagschalen q und $q + x$, die Längen der He belarme L und $L + y$, so wird Gleichgewicht statt finde wenn

$$(q + x)\,L = (L + y)\,q, \text{ also } y = x\,\frac{L}{q}$$

ist, d. h. der eine Hebelarm mufs um eine gewisse Grö länger seyn, welche mit dem Uebergewichte der einen Waa schale im geraden Verhältnisse ihres Hebelarmes und im umg kehrten des Gewichtes der anderen Waagschale wächst. We den dann die Waagschalen verwechselt, so wirkt auf den e nen Hebelarm ein Moment $= q\,L$, auf den andern ab $= (q + x)\,(L + y)$, und letzterer hat daher ein Uebergewic $= (L + y)\,x + q\,y$. Werden dann in die Waagschalen e ner solchen unrichtigen, aber doch im Gleichgewichte befindl chen Waage die Gewichte P und P' gelegt, so mufs für d Zustand des Gleichgewichts $P' = P\,\frac{L}{L + y}$ seyn, d. h. das Ge wicht auf der Waagschale des längeren Hebelarmes mufs i dem nämlichen Verhältnisse kleiner seyn, als der Hebelar länger ist. Nach der Verwechselung dieser Gewichte wür auf die eine Waagschale das Moment $= P\,\frac{L^2}{L + y}$, auf die an dere aber $= P\,(L + y)$ wirken, oder beide Gröfsen durc $L + y$ dividirt giebt $P\,\frac{L^2}{(L + y)^2}$ und P; d. h. das Gleichge wicht wird um so mehr gestört werden, je mehr $\frac{L^2}{(L + y)}$ von der Einheit abweicht oder je gröfser der Werth von ist. In polizeilicher Hinsicht kommt zunächst nur die Rich tigkeit der Waage in Betrachtung, um das Publicum gegen Ue bervortheilung zu sichern, und in dieser Beziehung genügt da her die einfache Regel, dafs man die zu prüfende Waage mi willkürlichen Gewichtstücken ins Gleichgewicht bringt und dan die Gewichte verwechselt. Bei werthvollen Gegenständen, z. B bei Gold und Silber, pflegt dieses stets zu geschehen, um Käu fer und Verkäufer von der Richtigkeit der Wägung zu über zeugen.

Hierdurch würde sich die Unrichtigkeit der Waage her ausstellen; es ergiebt sich daraus aber leicht, wie man die Gröfs des Fehlers einer Waage auffinden und bei der Voraussetzung

Digitized by Google

des gleichen Gewichtes beider Waagschalen, wofür der Künstler in voraus zu sorgen hat, durch Verbesserung der ungleichen Länge beider Hebelarme corrigiren könne. Die Bedingung der Gleichheit beider Arme ist dann vorhanden, wenn $P = P'$ den Zustand des Gleichgewichts hervorbringt, oder wenn die Waage sich bei gleichen Gewichten in beiden Waagschalen einstellt. Ist man im Besitze solcher gleichen Gewichte, so ist damit der Versuch bald angestellt, im entgegengesetzten Falle mufs man sich diese zu verschaffen suchen. Zu diesem Ende legt man in die eine Schale ein Gewicht P und in die andere so viele Gewichttheile Q, bis das Gleichgewicht hergestellt ist, nimmt dann P heraus, legt statt dessen ein anderes P', in der Regel etwas schwerer als P, hinein, und vermindert dieses so lange, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt worden ist, wodurch man also $P = P'$, zwei gleiche Gewichte, hat. Beschwert man die Waagschalen mit beiden letzteren, so wird im Fall der Gleichheit beider Waagebalken Gleichgewicht vorhanden seyn, im entgegengesetzten aber ein Niedersinken des längeren Hebelarmes erfolgen, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, dafs die Schärfe dieser Prüfung der Feinheit der Waage proportional ausfallen mufs[1]. Die Abweichung der

---

1 Das Wägen mit sehr feinen Waagen ist höchst zeitraubend und erfordert grofse Sorgfalt, denn wenn auch zur Abhaltung des Luftzuges die Waage sich in einem Glaskasten befindet, so dauert es doch wegen der nach den Pendelgesetzen höchst langsamen Schwingungen sehr lange, bis der horizontale Stand des Waagebalkens eintritt, zu dessen vollkommener Herstellung meistens die hinlänglich feinen Gewichttheilchen fehlen. Um die letzteren herzustellen, was obnehin in vielen Fällen nöthig ist, bedient man sich des gleichmäfsig gezogenen Drahtes, und Gauss findet hierfür den sogenannten Golddraht (übergoldeten Silberdraht) am geeignetsten. Hat man hiervon eine gewisse Länge von gegebenem Gewichte, so wickelt man ihn um einen gleichmäfsigen Cylinder, durchschneidet dann die schraubenförmigen Windungen parallel mit der Axe des Cylinders, und erhält dadurch gleiche aliquote Theile des Totalgewichts. Steht aufserdem die unbelastete Waage auf 0 der Scale ein, so legt man ein genau bestimmtes Gewichtstück auf, findet hierfür auf geeignete Weise den Werth der einzelnen Scalentheile, und bedient sich dann der letzteren zur Bestimmung des Gewichts, indem man aus dem Mittel der äufsersten Puncte, welche die Zunge beim Oscilliren des Waagebalkens erreicht, durch Wiederholung dieses Verfahrens, und indem man kleine Gewichttheilchen abwechselnd in die eine und die andere Waagschale

Länge ergiebt sich aus der Ungleichheit des Gewichtes eines un desselben Körpers in beiden Waagschalen. Denn wenn de Körper in der einen Schale liegend p, in der andern aber wiegt, das wahre Gewicht aber $= x$ ist, so folgt:

$$\frac{\begin{array}{l} L : L' = p : x \\ L : L' = x : q \end{array}}{p : x = x : q, \text{ also } x = \sqrt{pq},}$$

wonach also das wahre Gewicht der mittleren Proportionale au beiden falschen Gewichten gleich ist. Betrüge z. B. $p = 1$ Unzen, $q = 15$ Unzen, so wäre $x = \sqrt{(16 \times 15)} = 15{,}49$ Unzen, und die beiden Arme verhielten sich wie 1600:1549 ode nahe wie 32:31. Ein so grober Fehler, als dieser, würde sich indefs schon durch blofse Messung ergeben, allein man verlangt die Genauigkeit der Wägungen in einem so hohen Grade dafs dieser durch mechanische Kunstfertigkeit nie erreicht wird und das angegebene Verfahren ist daher nicht blofs erforderlich um die Richtigkeit der Waage ursprünglich herzustellen, sondern auch späterhin, um eine durch den Gebrauch etwa entstandene Unrichtigkeit aufzufinden. Sollte sich eine solche wirklich zeigen, so wird sie durch den Ausschlag oder ein Herabsinken des einen Waagebalkens sichtbar, und man könnte für künftige Wägungen den so bestimmten Stand als den normalen betrachten, was jedoch nur annähernd und für verschiedene Belastungen nicht völlig genau wäre. Viele Künstler versehn daher das Ende des einen Hebelarmes (denn nur einer bedarf der Correction) mit einer Mikrometerschraube, um mittelst derselben den Aufhängepunct der dazu gehörigen Waagschale dem mittleren Unterstützungspuncte des Waagebalkens etwas zu nähern oder weiter davon zu entfernen. Hierbei wendet man mit Vortheil das Princip der *Hunter'schen Schraube* an[1], welches darauf beruht, dafs zugleich zwei Schrauben umgedreht werden, von denen die eine auf einen Zoll einen Gang mehr hat, als die andere, so dafs daher die wirkliche Fortrückung nur den Unterschied beider Schrauben beträgt und also höchst fein ist. Um die Momente beider Arme gleich zu

---

legt, denjenigen Scalentheil findet, auf welchem die ruhende Waage stillstehn würde.

1 Dove über Maafs und Messen u. s. w. Berl. 1835. S. 157.

Digitized by Google

machen, ohne die Entfernungen der Aufhängepuncte von der Axe des Waagebalkens zu ändern, ist bei den in Wien verfertigten Waagebalken am einen Ende eine Schraube mit einem kleinen Gewichte angebracht, die sich tiefer in den Waagebalken einschrauben läfst[1]. Eine richtige Gewichtsbestimmung ist aber auch durch Anwendung der durch DE BORDA angegebenen *doppelten Wägung*, ohne Rücksicht auf die Richtigkeit der Waage an sich, möglich. Man bringt zu diesem Ende die Waage, welche auf der einen Seite durch den zu wägenden Körper nebst beliebigen sonstigen Gewichtstheilen, auf der andern aber durch das erforderliche Gegengewicht belastet ist, zum Gleichgewichte, nimmt dann den zu wägenden Körper weg und ersetzt ihn durch Gewichtstücke, die unter Voraussetzung ihrer Richtigkeit das Gewicht des Körpers genau angeben[2]. Hierdurch erreicht man zugleich den Vortheil, dafs die Waage jederzeit mit dem nämlichen Gewichte belastet ist.

Das zweite Erfordernifs einer guten Waage, zunächst jedoch nur der Krämerwaage und Schnellwaage, ist der *horizontale Stand des Waagebalkens*. Wollte man den Waagebalken blofs als einen Hebel betrachten, so würde den Forderungen der Richtigkeit allerdings Genüge geschehn, wenn gleiche Lasten an den Enden beider Arme angebracht einen Stillstand hervorbrächten, auch würde ein solcher Hebel das Prädicat der Empfindlichkeit erhalten, was sogleich als drittes Erfordernifs aufgezählt werden wird, wenn die geringste Vermehrung des Gewichts in einer der beiden Waagschalen eine Bewegung zu erzeugen vermöchte, allein dann würde der Apparat nicht zum Wägen tauglich seyn. Wird der Waagebalken als blofser Hebel betrachtet, so setzt dieses voraus, dafs die Angriffspuncte der Lasten an beiden Enden mit dem Unterstützungspuncte in eine gerade Linie fallen, woraus dann der eben erwähnte Zustand des Gleichgewichts in jeder beliebiger Lage von selbst folgt, zur Erlangung des horizontalen Standes mufs aber der Unterstützungspunct über derjenigen geraden Linie liegen, welche die beiden Angriffspuncte der Lasten verbindet, so dafs daher der gemeinschaftliche Schwerpunct der letztern unter

---

1 BAUMGARTNER's Naturlehre. Supplem. S. 58.

2 BIOT Traité de Phys. T. I. p. 15. Vergl. Edinburgh Journ. of Science N. IX. p. 120.

Digitized by Google

Fig. 1. den Unterstützungspunct fällt. Wären also die beiden Angriffspuncte der Lasten P und Q und läge der Unterstützungspunct über der sie verbindenden geraden Linie, so fiele der gemeinschaftliche Schwerpunct beider Lasten in S. Läge dann der Unterstützungspunct in C, so könnte der Zustand der Ruhe nur dann statt finden, wenn S in verticaler Linie unter C sich befände; denn bei vorhandener Beweglichkeit ruht ein Körper nur dann, wenn sein Schwerpunct den tiefsten Stand eingenommen hat. Kommt der Waagebalken in die geneigte Lage P′ Q′ so wird der gemeinschaftliche Schwerpunct nach S′ gehoben werden und mufs daher herabsinken, bis er seine tiefste Lage in S wieder eingenommen hat, also bis die horizontale Lage des Hebels wieder hergestellt ist. Hieraus ergeben sich daher die bekannten Folgerungen: 1) Liegen die beiden Angriffspuncte der Lasten beim gleicharmigen Hebel mit dem gemeinschaftlichen Unterstützungspuncte in einer geraden Linie, so würde derselbe bei gleicher Belastung in jeder Lage zur Ruhe kommen. Mit einem solchen wären allerdings Wägungen möglich allein höchst unbequem, weil beim geringsten Uebergewicht an einer Seite der Hebel eine verticale Lage annehmen müfste ja diese würde eine bleibende seyn, sofern entweder der ein oder der andere Hebelarm herabsinken müfste, weil absolut verschwindend kleine Gröfsen sich gar nicht darstellen lassen vorausgesetzt dafs der Hebel vollkommen unbiegsam und kein Reibung bei ihm vorhanden wäre. 2) Liegt der Unterstützungspunct unter der geraden Linie, welche die beiden Angriffspuncte des Hebels vereinigt, so ist zwar eine horizontale Lage des Waagebalkens bei gleicher Belastung beider Arme unter der Bedingung theoretisch möglich, dafs der Schwerpunct mit dem Unterstützungspuncte in eine verticale Linie fällt, physisch aber würde dieses ebenso unmöglich seyn, als eine Kugel auf einer Nadelspitze zu balanciren, weil sich die erforderlichen Bedingungen in mathematischer Schärfe nicht erreichen lassen denn bei dem geringsten Uebergewichte an einem Arme und beim geringsten Herausrücken des Schwerpunctes aus der genannten verticalen Linie würde der Schwerpunct herabsinken der Waagebalken umschlagen und oscilliren, bis er zur Ruhe käme, sobald sich der gemeinschaftliche Schwerpunct in der verticalen Linie durch den Unterstützungspunct befindet. 3) Der horizontale Stand des Hebels ist also nur dann erreichbar

Digitized by Google

wenn der gemeinschaftliche Schwerpunct sich unter dem Unterstützungspuncte befindet. Dieses gilt allgemein und ohne Rücksicht auf die Gröfse des Abstandes beider von einander, deren Bestimmung von anderweitigen Erfordernissen eines guten Waagebalkens abhängt.

Werden diese beim mathematischen Hebel gültigen Sätze auf den physischen, den Waagebalken, angewandt, so übersieht man bald, dafs sich in diesem zwei Schwerpuncte befinden, der eine, welcher durch das Gewicht des Waagebalkens, der andere, welcher durch die beiden Lasten an den Enden der Hebelarme gegeben ist. Es seyen die beiden Schwerpuncte der einzelnen Fig. 2.
Hebelarme p und q, der gemeinschaftliche Schwerpunct beider s, die beiden Angriffspuncte der Lasten an den Enden der Hebelarme P und Q oder P′ und Q′ und ihre gemeinschaftlichen Schwerpuncte S oder S′, so kann die durch letztere gezogene gerade Linie entweder über oder unter der ersteren liegen oder mit ihr zusammenfallen. Wird dann ferner vorausgesetzt, dafs bei horizontaler Lage des Waagebalkens die Schwerpuncte s und S oder S′ in eine verticale Linie fallen, was bei vorzüglich guten Waagen mindestens insofern statt finden mufs, dafs keine merkbare Abweichung hiervon vorhanden ist, so sind drei Fälle möglich, wonach S mit s zusammenfällt oder S unterhalb s oder S′ oberhalb s liegt. Im ersten Falle gilt alles das, was so eben über die horizontale Lage des Waagebalkens gesagt worden ist, in den beiden letzteren kommt nicht jeder einzelne Schwerpunct, sondern es kommt der Unterschied beider in Betrachtung. Ist zuerst der Waagebalken nicht belastet, also S oder $S = 0$, so gilt von s alles dasjenige, was in dieser Beziehung so eben vom mathematischen Hebel gesagt worden ist; wenn dagegen der Waagebalken belastet und S gröfser ist als s, so kann s über dem Unterstützungspuncte liegen, und dennoch wird der Waagebalken zur Ruhe kommen, wenn S unter dem Unterstützungspuncte liegt. Dieser Fall findet zuweilen statt, dafs nämlich der Waagebalken nach Wegnahme der Schalen entweder in jeder Lage ruht, oder gar umschlägt, nach angehängten Waagschalen aber sich horizontal einstellt, sofern S entweder mit einigem Uebergewichte unterhalb des Unterstützungspunctes liegt, oder durch eine unausbleibliche geringe Biegung des Waagebalkens darunter hinabgerückt wird. Der gewöhnliche Fall ist jedoch der, dafs S und s zusammenfallen, was auch

Digitized by Google

bei der oben erwähnten Prüfung der Richtigkeit angenomm wurde, dafs man nämlich versucht, ob sich der Waagebalk zuerst für sich allein und dann nach angehängten Schalen i Gleichgewicht stellt; alle übrige Fälle des gegenseitigen Ver hältnisses von s und S verstehn sich so leicht von selbst, da es überflüssig seyn würde, sie einzeln zu erörtern.

Der Waagebalken ruht in der Regel auf einer verticale Säule, und diese trägt dann in ihrer Verlängerung einen ge theilten Bogen, vor welchem die *Zunge* oder der Zeiger (*In dex*, *Lingula;* aiguille, languette; *tongue of a balanc* sich nach beiden Seiten bewegt, aber auf 0 der Theilung zeig wenn der Zustand des Gleichgewichts vorhanden oder der ho rizontale Stand des Waagebalkens hergestellt ist. Diese Zung ist lothrecht auf der Mitte des Waagebalkens befestigt, so daf sie entweder in die Höhe steht oder herabhängt, oder di Zunge befindet sich in der verlängerten geometrischen Axe de Waagebalkens und ihre Spitze zeigt auf eine hinter ihr ange brachte getheilte Scale. Um beim Visiren die Parallaxe z vermeiden, befindet sich bei den Pistor'schen Waagen hinter de Zungenspitze ein Spiegel und der horizontale Stand findet statt wenn die Zunge ihr Bild im Spiegel deckt[1]. An manche Waagen ist am Ende des einen Armes ein getheiltes Bogenstück angebracht, welches sich vor einem andern, dahinter befindlichen, Bogenstücke bewegt, und da die eine dieser Theilungen zugleich einen Nonius der andern abgiebt, so können hierdurch die feinsten Abweichungen gemessen werden. Soll aber der Waagebalken seinen horizontalen Stand richtig anzeigen, so mufs die ihn tragende Säule oder die an der Seite aufgerichtete, woran sich das getheilte Bogenstück befindet, vertical stehen, und damit dieses erreicht werde, mufs das Fufsbret der Waage einen horizontalen Stand haben. Um diesen herzustellen, bedient man sich einer kleinen Röhrenlibelle und corrigirt vermittelst der im Fufsbrete befindlichen Stellschrauben. Ist man vom horizontalen Stande des Waagebalkens sicher überzeugt, so kann dieser als Norm dienen, und das Fufsbret oder das Gestell so lange vermittelst der Stellschrauben gerichtet werden, bis die Zunge auf 0 der Theilung einspielt.

Das dritte Erfordernifs einer guten Waage ist ihre *Em-*

---

1 Dove a. a. O. S. 157.

Digitized by Google

pfindlichkeit, auch wohl *Feinheit* genannt, die der *Trägheit* oder *Faulheit* derselben entgegensteht, wonach aber zugleich die Richtigkeit bemessen wird, indem diese nur bis so weit bestimmbar ist, als die Feinheit reicht. Die Feinheit einer Waage wird bestimmt durch die Gröfse desjenigen Gewichts, welches in eine der beiden Schalen gelegt den Zustand des Gleichgewichts aufhebt und das Niedersinken des einen Armes bewirkt. Die nachfolgenden Betrachtungen werden indefs zeigen, dafs eine Waage nothwendig um so viel träger werden mufs, je gröfsere Lasten zu wiegen sie bestimmt ist, und man mifst daher die Feinheit nach dem aliquoten Theile der ganzen Last, welche sie ohne Gefahr ihrer Beschädigung in jeder Schale[1] zu tragen vermag, und die man das *Totalgewicht*, so wie die Fähigkeit der Waage, so viel darauf zu wägen, ihre *Tragkraft* zu nennen pflegt, wodurch also ein sicheres Mafs dieser Bestimmung gegeben wird. Man mufs in der That bewundern, wie weit in dieser Beziehung die Kunstfertigkeit der neuern Zeit der der ältern vorausgeeilt ist[2]. So werden unter den durch ihre Feinheit ausgezeichneten Waagen, die ehemals vorzüglich in England verfertigt wurden, genannt: die von Bull[3] $\frac{1}{10000}$, die von Reads[4] $\frac{1}{96000}$, von Whitehurst[5]

---

1 So viel ich weifs, gilt als Totalgewicht der Waage, wonach ihre Tragkraft bestimmt wird, diejenige Last, welche man auf derselben in einer Schale durch Gegengewichte in der andern zu wägen vermag; nach Tralles in G. XXIX. 446 wird hierdurch das Doppelte hiervon, also die ganze Last, womit die Krämerwaage beschwert ist, bezeichnet.

2 Vergl. Parkinson System of Mechanics p. 134. Verschiedene, als vorzüglich gut genannte, den jetzigen Forderungen jedoch nicht genügende Constructionen, als die von Lüdicke in G. I. 123, von Hauy in G. G. Schmidt's physikalischen Abhandlungen u. s. w. übergehe ich mit Stillschweigen. Die von Tralles angegebene, von Mechanicus in G. XXIX. 123 beschriebene, verdient jedoch Berücksichtigung, zugleich aber insbesondere das, was Tralles in G. XXIX. 443 über den Bau der Krämerwaage überhaupt sagt. Dafs schon Aristoteles sich einer sehr empfindlichen Waage bedient habe, wird wohl nicht mit Unrecht aus den Resultaten seiner Wägungen der Luft geschlossen. S. G. XVI. 389.

3 Philos. Trans. T. LXVI. p. 50.

4 Ebend. p. 511.

5 Ebend. p. 576.

Digitized by Google

$\frac{1}{48000}$, von Alchornes[1] $\frac{1}{350000}$ des Totalgewichts angeben Die ersten von damals ganz vorzüglicher Feinheit lieferte d berühmte Ramsden[2], namentlich eine für Fordyce $\frac{1}{30400}$ noch vorzüglicher aber eine für die königl. Societät $\frac{1}{1000000}$ ang bend, und zuletzt brachte er es bis $\frac{1}{10000000}$ der Tragkra Waagen von dieser letztern Feinheit liefern jetzt alle vorzü liche Künstler, die nämlich ein Kilogramm als gröfstes Tota gewicht zu tragen vermögen und dann bei einem Milligram noch einen merkbaren Ausschlag geben, jedoch gehört eine so che allerdings schon zu den ausgezeichneten. Nach Baum gartner[3] gab eine vorzügliche Waage von Ramsden mit Pfund Belastung noch bei 0,006 Grain einen merkbaren Au schlag, was eine Feinheit von $\frac{1}{12000000}$ giebt. Fortin's Wa gen geben mit 4 Pfund Belastung noch durch $\frac{1}{50}$ Gran ein Ausschlag, was $\frac{1}{1536000}$ giebt. Florenz in Wien verferti Waagen, die mit 4,5 Pfund belastet noch durch $\frac{1}{5}$ Richtpfenn einen Ausschlag geben, also von einer Feinheit = $\frac{1}{4418}$ Von den beiden Waagen im physikalischen Cabinette zu Wie hat die eine nur 1 Pfund Tragkraft und Feinheit = $\frac{1}{80000}$ die andere aber 3 Pfund Tragkraft und $\frac{1}{12000000}$ Feinheit. Ei von Troughton für Shuckburgh verfertigte Waage gab n 16384 Grains Belastung durch 0,01 Grain einen Ausschla hatte also $\frac{1}{1638400}$ Feinheit. Die von Robinson verfertigt Waagen haben bei 10,5 Zoll Länge des Waagebalkens 20(Grains Tragkraft (Preis 14 Lstl.), bei 8 Zoll Länge 10(Grains (Preis 11 Lstl.), bei 5,5 Zoll Länge 400 Grains (Pre 8 Lstl.) und geben mit 1000 Grains belastet bei 0,001 Gra einen Ausschlag, ihre Feinheit ist also = $\frac{1}{1000000}$. Dies gleich ist die Feinheit der Pistor'schen Waagen, indem s mit einem Kilogramm belastet für ein Milligramm einen Aus schlag geben[5]. Die feine Waage in Prag, welche durc v. Gerstner[6] geprüft wurde, hat nur 1 Pfund Tragkraft un giebt durch $\frac{1}{50}$ Gran einen Ausschlag, welches eine Empfind

---

1 Philos. Trans. T. LXXVII. p. 205.

2 Ebend. T. LXXV. Journ. de Phys. T. XXXIII. p. 144.

3 Die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande. 5. Au Wien 1836. S. 82.

4 Baumgartner Supplementband. S. 59.

5 Dove über Mafs und Messen. S. 163.

6 Handbuch der Mechanik. Th. I. S. 182.

Digitized by Google

lichkeit von $\frac{1}{768000}$ anzeigt. Ob übrigens diese Bestimmungen, die meistens auf den Angaben der Künstler selbst beruhn, volles Vertrauen verdienen, dürfte wohl noch fraglich seyn. Um hierüber zu entscheiden, müfste man sich des oben angegebenen Mittels bedienen und den Punct des Stillstandes bei so kleinen Uebergewichten aus den Oscillationsbogen finden. Unter allen hier mitgetheilten Bestimmungen kann wohl keine für absolut genau gelten, aufser die von v. Gerstner, welcher die Probe mit der erforderlichen Sorgfalt anstellte.

Die in der Natur der Sache liegenden Mittel zur Erlangung der gröfsten Feinheit bei den Waagen sind zuerst eine gröfsere Länge der Waagebalken; denn eine Kraft wirkt stärker auf einen längern Hebelarm, was jedoch im vorliegenden Falle von minderer Bedeutung ist, weil durch das Uebergewicht an einen längeren Arme der andere, gleich lange Arm bewegt werden mufs, wohl aber kann durch den gröfseren Radius des längeren Hebelarmes eine kleinere Abweichung vom horizontalen Stande besser gemessen werden, was auch durch eine längere Zunge auf gleiche Weise sicher erreicht wird. Ein zweites Mittel ist Leichtigkeit des Waagebalkens; denn da durch das Uebergewicht nicht blofs die Lasten, womit der Waagebalken beschwert ist, sondern auch die Masse des letztern selbst bewegt werden mufs, so wird dieses um so leichter geschehn, je weniger Gewicht der Waagebalken selbst hat, wodurch dann zugleich die Reibung vermindert wird. Der wirklichen Anwendung dieser beiden Mittel steht aber entgegen, dafs der Waagebalken sich nicht biegen darf, mindestens nicht in einem solchen Grade, dafs die gemeinschaftlichen Schwerpuncte s und S des Waagebalkens und der ihn beschwerenden Gewichte tiefer unter den Unterstützungspunct fallen, als bestimmt ist, weil hierdurch die Faulheit der Waage ausnehmend wächst.

Die wichtige Bedingung, den Waagebalken so leicht als möglich zu machen, ohne seiner Tragkraft Abbruch zu thun, hat man auf vielfache Weise zu erreichen gesucht. Allgemein bringt man dabei das Princip in Anwendung, dafs man denselben in der Mitte stärker macht und nach beiden Enden hin verjüngt zulaufen läfst, wie nicht minder, dafs man seine Höhe weit gröfser nimmt als seine Dicke, nach den hierüber bestehenden Gesetzen der Festigkeit der Körper[1]. Unter den ander-

1 Vergl. *Cohaesion*. Bd. II. S. 150.

Digitized by Google

weitig gewählten Mitteln, wonach die Construction der W
gebalken vielfach abgeändert ist, will ich blofs die wesentli
sten erwähnen. Eins der besten ist das von Magellan[1], w
Fig. 8. cher zwei hohle abgekürzte Kegel mit ihren gröfseren Grun
flächen vereinigte, weil die Tragkraft hohler Röhren w
stärker ist als die massiver Cylinder von gleicher Masse. Ran
den wählte für seine feinen Waagen diese nämliche Co
struction, Mendelssohn[2] aber änderte sie etwas ab, indem
Fig. 4. in der Mitte zwischen beiden Kegeln einen hohlen Wü
anbrachte, und da die Metalldicke bei diesen Kegeln nur s
gering ist, so versah Troughton[3] sie im Innern mit Ring
Bei den neuen, von Robinson verfertigten, Waagen best
der 10 Zoll lange Waagebalken aus einem rhomboidalen Ra
men aus Glockenmetall. Einen sehr zweckmäfsigen Bau hal
die aus der Fabrik von Haas und Hurter in London gel
Fig. 5. ferten Waagebalken. Sie sind nur etwa 2 Lin. dick und h
stehen aus einem Kreise, von welchem nach beiden Seit
Streben ausgehen, die durch zwei andere gebogene Streben g
steift sind und aus Glockenmetall verfertigt bei grofser Leic
tigkeit dennoch eine hinlängliche Steifheit besitzen. Die Bi
gungen erfordern grofse Genauigkeit, wenn sie auf beiden Se
ten einander vollkommen gleich seyn sollen; minder schwie
ist es daher, die Stäbe des rhomboidalen Rahmens gerade
Fig. 6. machen und durch Querstreben zu steifen, woraus dann ei
andere, gleichfalls gebräuchliche, Form der Waagebalken he
vorgeht, wie man sie in Wien zu verfertigen pflegt[4], wona
dieselben nur eine Strebe ungefähr in der Mitte jedes Arm
Fig. 7. haben, wie aus der Zeichnung leicht zu erkennen ist. Kö
ner's durchbrochene Waagebalken unterscheiden sich von dies
blofs dadurch, dafs sie in der Mitte, in ihrer Längenaxe, no
eine gerade schmale Stange haben. Mehrere ausgezeichne
Künstler verfertigen neuerdings die Waagebalken solid v
Stahl, z. B. Troughton, bei dessen späteren Waagen d
Balken aus einer Stahlstange von ein Fufs Länge und ei
Viertel Zoll Dicke besteht, dessen Höhe in der Mitte etw

---

1 Journ. de Phys. T. II. p. 252. T. XVII. p. 43.
2 G. XXIX. 153.
3 Philos. Trans. 1798. p. 182.
4 Baumgartner's Naturlehre, Supplem. Bd. S. 58.

Digitized by Google

über einen Zoll, an den Enden nur einen halben Zoll beträgt. Es unterliegt keinem Zweifel, dafs ein solcher Balken sich aufserordentlich genau und an beiden Armen völlig gleich darstellen läfst, weswegen auch JAHN[1] und FORTIN[2] diese gewählt haben. Inzwischen macht STUDER[3] darauf aufmerksam, dafs solche Stahlstangen leicht magnetisch werden und nach Art der Inclinationsnadeln eine Neigung annehmen könnten. Die Thatsache, dafs die stählernen Waagebalken bleibend magnetisch werden und selbst die eisernen einer Einwirkung des tellurischen Magnetismus unterliegen, ist wohl nicht zu bezweifeln, ob dieses aber einen Einfluſs auf die feinsten Gewichtsbestimmungen haben könne, müfste erst durch die Erfahrung ausgemittelt werden. Auf jeden Fall ist die ablenkende Kraft sehr gering und es müfsten sich mehrere Bedingungen vereinigen, wenn ein Einfluſs merkbar werden sollte. Weiches oder reines Eisen ist bekanntlich nie bleibend magnetisch und nimmt blofs im magnetischen Meridiane durch den tellurischen Magnetismus eine schwache Polarität an, die jedoch zur Erzeugung einer Inclination wohl zu schwach seyn möchte, aufserdem aber nehmen die Künstler solches Eisen nicht zu Waagebalken. Es kann daher nur von bleibendem Magnetismus die Rede seyn, welcher jedoch im weichen Stahle gleichfalls sehr schwach ist, aufserdem aber müfste der Nordpol des magnetischen Waagebalkens nach Norden oder lothrecht auf den magnetischen Meridian, also nicht nach Süden, gerichtet seyn, wenn seine Polarität auf die Wägungen einen Einfluſs haben sollte. Da hierüber beim Gebrauche so vieler Waagen keine Erfahrungen bemerkter Unrichtigkeiten bekannt geworden sind, so scheint der Einfluſs verschwindend zu seyn. RITCHIE[4] schlägt vor, um feine Waagen für einen sehr geringen Preis zu erhalten, Waagebalken aus hölzernen, nach den Enden etwas verjüngten, Stäben zu verfertigen, diese in der Mitte durch eine Federmesserklinge auf untergelegten Glasröhren zu unterstützen, auf gleiche Weise solche Federmesserklingen an den Enden zum Tragen der Waagschalen anzubringen, und um die aus der Construction solcher Apparate entspringenden Unrich-

1 BERZELIUS Chemie.
2 BIOT *Traité de Physique*. T. I. p. 9.
3 G. XIII. 122.
4 Edinburgh Journ. of Science. N. IX. p. 118.

tigkeiten zu corrigiren, nt Borda's *Princip der dopp*
Wägung anzuwenden. Allein wenn gleich diese letztere
thode sehr sinnreich und in einzelnen Fällen mit Vortheil
zuwenden ist, so ist sie doch im Allgemeinen zu zeitrau
und dafs hölzerne Waagebalken den jetzigen Forderunge
Ganzen nicht genügen, geht aus den bekannten Gesetzen
die Bedingungen guter Waagen sattsam hervor. Die sogen
ten *Goldwaagen*, welche zum Wägen der Goldstücke di
und die *Probirwaagen*, womit der Gehalt der Erze in kl
Quantitäten bestimmt wird, sind blofs für sehr geringe L
eingerichtet und haben daher nur kurze und leichte Ba
sowohl als auch Waagschalen.

Die dritte Bedingung zur Erreichung einer mögl
grofsen Empfindlichkeit ist die *Entfernung der Reibung*. W
die Axe des Waagebalkens ein Cylinder und wälzte sich
Fig. ser in einer krummen Oeffnung, so müfste bei den Oscill
8. nen des Waagebalkens der Punct 0 nach m und rückw
durch 0 wieder nach n geschoben werden, was ohne Reib
nicht geschehn könnte. Die hieraus erwachsende Trägheit
Waagen zeigt sich dadurch, dafs sich die Zunge bei den O
lationen nicht jederzeit wieder genau auf das 0 der Thei
einstellt, sondern abwechselnd rechts oder links davon abwe
und dieses wird um so mehr statt finden, je gröfser di
wägenden Lasten sind; denn die Gröfse der Reibung ist
kanntlich der Last direct proportional; dabei kommt noch
Lage des gemeinschaftlichen Schwerpunctes (S + s) in Betra
tung. Läge derselbe in der geometrischen Axe des Cylind
welcher die Axe des Waagebalkens bildet, so würde letzt
bei vorhandenem Gleichgewichte in jeder Lage zur Ruhe k
men, läge er aber unter derselben, so müfste er bei jeder
wegung gehoben werden und es käme zur Reibung noch
Ueberwindung dieser Last als ein Mittel zur Vermehrung
Trägheit hinzu, bei einer Lage oberhalb derselben müfste
der Waagebalken, sofern die Reibung dieses nicht hindert, u
schlagen. Hiervon wird später die Rede seyn; vorerst nehm
wir daher an, dafs der gemeinschaftliche Schwerpunct in
geometrische Axe des Cylinders falle, welchen die Axe
Waagebalkens bildet. Ist dann die Unterlage eine willkürli
Fig. concave Fläche i0k, so mufs die verticale Linie durch
9. Schwerpunct der Axe auf den tiefsten Punct 0 fallen, w

Digitized by Google

aus dem horizontalen Stande des Waagebalkens auf den Zustand des Gleichgewichts geschlossen werden und also eine genaue Wägung möglich seyn soll. Denn rückte die Axe nach c, so würde die Verticale g′ c durch ihren Schwerpunct nicht unterstützt seyn, der Unterstützungspunct fiele in f, die beiden Längen der Hebelarme wären nicht mehr a c = c b, sondern a d < d b und es wäre daher eine gröfsere Last in a erforderlich, um den horizontalen Stand wieder herzustellen[1]. Ruhet die cylindrische Axe des Waagebalkens auf einer geraden Fläche, so fällt die Reibung insofern weg, als sie sich in eine wälzende verwandelt, und da der gemeinschaftliche Schwerpunct nicht in die geometrische Axe des Cylinders fallen darf, welcher die Axe des Waagebalkens bildet, weil sonst die Hebelarme beim Gleichgewichte in jeder Lage zur Ruhe kommen würden, so findet bei cylindrischen Axen auch in diesem Falle eine Verkürzung der Hebelarme statt. Angenommen es liege der gemeinschaftliche Schwerpunct der Linie a b so in 0, dafs a 0 = 0 b ist, der Waagebalken nehme dann die Lage d e an, so fiele der Unterstützungspunct in i, der Waagebalken würde dann in der horizontalen Lage zur Ruhe kommen, zugleich aber ein verhältnifsmäfsig grofses Uebergewicht erforderlich seyn, um ihn aus dieser horizontalen Lage zu bringen, welches durch den Unterschied f m — f i gegeben ist, da f i kleiner ist als f m und also noch kleiner als i n. Fig. 10.

Hieraus ergiebt sich, dafs die Unterlage eine gerade Ebene seyn oder dieser möglichst nahe kommen mufs; denn eine convexe, von gleichem Krümmungshalbmesser, als die Axe, würde zwar diese Hindernisse insgesammt gänzlich aufheben, allein dann würde die Axe herabgleiten, abgerechnet, dafs die Bedingung des horizontalen Standes gleichfalls wegfiele. Die Axe dagegen, als Cylinder gedacht, wird am vortheilhaftesten verschwindend dünn seyn, denn die Gröfse i m ist dem Halbmesser des Cylinders direct proportional. Da aber die Axe zugleich eine angemessene Tragkraft haben mufs, so kann diese Bedingung nicht anders als durch die sogenannte *Messerschneide* erreicht werden, deren untere Schärfe als ein Theil der Oberfläche eines Cylinders von verschwindend kleinem Halbmesser

---

1 *Eine Berechnung* des jederzeit erforderlichen Uebergewichtes findet man in v. Gerstner's Handbuche. Th. I. S. 176.

Digitized by Google

nach LAPLACE[1] zu betrachten ist. Die Reibung mufs daher u
mehr verschwinden, je feiner die Schneide ist; allein
wird zugleich ihre Haltbarkeit bedeutend vermindert, und
macht aus diesem Grunde den Winkel, welchen die beiden
nen Flächen der Messerschneide mit einander bilden,
kleiner, je geringer die Tragkraft seyn soll. Bei sehr gr
Waagen beträgt dieser Winkel nicht viel weniger, als 90
bei mittleren gewöhnlich 60°, bei feinen wird er bis 30°
wohl noch weniger verringert, und dabei besteht diese Ax
gehärtetem Stahle. Zugleich versteht sich von selbst, daf
Schneide eine gerade Linie bilden müsse, was mit einer z
ten Bedingung zusammenfällt, wonach die geometrische
dieser Axe der Waage mit der geometrischen Axe des W
balkens zwei rechte Winkel bilden müsse. Die Nothwen
keit dieses Erfordernisses läfst sich leicht nachweisen.
Fig. 11. nämlich ab die Axe des Waagebalkens und cd die mit
rechtwinkelige Schneide, so bliebe die Länge der beiden
bei jeder Drehung in der verticalen Ebene durch ab stets
selbe; hätte aber diese Schneide die Lage ef, so würde be
genannten Drehung die wechselnde Unterstützung inne
der Ebene gefh fallen, und dadurch könnte nicht sowohl
Ungleichheit beider Hebelarme entstehn, als vielmehr die
wegung des Waagebalkens von der verticalen, durch seine
im Zustande des Gleichgewichts gelegten Ebene abwei
müfste. Inzwischen werden geübte Künstler schon Sorge
gen, der Axe der Messerschneide eine solche perpendic
Richtung auf die Axe des Waagebalkens zu geben, dafs
der Abweichung kein merklicher Fehler erwachsen kann. Au
dem müssen die Axen der beiden Messerschneiden an
Enden des Waagebalkens zu der ihn tragenden mittleren
rallel seyn, eine Bedingung, die man gewöhnlich als e
voraussetzt und die daher nicht besonders erwähnt zu we
pflegt. Neuerdings aber hat GAUSS[2] diesen Gegenstand ge
erörtert und zugleich eine vortreffliche Methode zur Prü
und Berichtigung dieses Fehlers angegeben. Weil nämlich
Tragstücke, an denen die Waagschalen hängen und we
auf den äufseren Messerschneiden ruhen, beim Anhalten

---

1 S. Art. *Pendel*. Bd. VII. S. 840.
2 Gött. gel. Anzeigen. 1837. S. 401.

Digitized by Google

Wagebalkens meistens abgehoben werden, so legen sie sich beim wiederkehrenden Spiele des Waagebalkens nicht stets wieder genau ebenso auf die Messerschneiden, als vorher, was bei vollkommenem Parallelismus derselben mit der mittleren unschädlich ist, bei nicht vollkommenem aber ein verändertes Moment erzeugt. Im ersteren Falle bewegen sich die äufseren Messerschneiden beim Oscilliren des Waagebalkens auf einer Cylinderfläche, im letzteren aber auf einer Kegelfläche, und das divergirende Ende derselben mufs daher beim Steigen des Hebelarmes steigen, beim Sinken desselben sinken, während für das convergirende das entgegengesetzte Verhalten statt findet. Zur Prüfung und Berichtigung dieses Fehlers wendet Gauss einen kleinen Planspiegel an, den man vertical auf das Tragstück aufstellt, am besten so, dafs seine Ebene zu der Schneide nahe rechtwinkelig ist. Indem aber im Falle des völligen Parallelismus der Schneide des Tragstückes mit der mittleren die Ebene des Spiegels beim Spiele des Waagebalkens sich selbst parallel bleibt, so wird auch das Bild eines in schicklicher Entfernung vom Spiegel befindlichen Gegenstandes unverrückt bleiben, für ein divergirendes Ende der äufseren Messerschneide aber beim Steigen und Sinken des Waagebalkens gleichfalls steigen und sinken, wonach also die Correction geschehn kann.

V. Gerstner erwähnt, dafs man statt der Messerschneide auch blofs zwei Spitzen in Anwendung zu bringen pflege, die von gehärtetem Stahl seyn und den nämlichen Winkel haben müfsten, als die Messerschneiden. Sehr gebräuchlich ist diese Einrichtung sicher nicht, indefs hat Moun[1] dieselbe als bei weitem die vorzüglichste empfohlen, ohne jedoch die Richtigkeit dieser Ansicht durch die Erfahrung darzuthun. Es scheint allerdings, als ob auf diese Weise eine vorzügliche Empfindlichkeit erreichbar sey, jedoch ist auffallend, dafs die Künstler diese leichte Methode gar nicht oder gewifs höchst selten gewählt haben, da keine der vielen bekannten, sehr empfindlichen, Waagen so construirt wurde, und es ist daher möglich, dafs bei der wirklichen Ausführung und dem Gebrauche sich unerwartete Schwierigkeiten zeigen, auch erinnere ich mich einmal gehört zu haben, dafs jemand sogar Spitzen von Edelstein wählte, um die Reibung noch mehr zu vermeiden, was jedoch

1 *Poggendorff's Ann.* XXV. 264.

den erwünschten Erfolg nicht hatte. Möglich bleibt es immer, dafs die feinen, wenn auch in einen Winkel zwis 30 bis 60 Grad zugeschärften, Spitzen sich theils abnu theils etwas in die Unterlage, ungeachtet deren Härte, eindrü oder einschleifen und dadurch den beabsichtigten Zweck fehlen. Dieses ist um so wahrscheinlicher, da Tralles[1] sichert, dafs in einem kleinen Winkel zugeschärfte Mes schneiden, wenn sie auf Cylindern von Achat ruheten, sich einigem Gebrauche unter dem Mikroskope ausgebröckelt z ten, weswegen dieser genaue Physiker auch ebene Achatpl zur Unterlage verlangt, damit die Messerschneiden in mehr Puncten aufliegen.

Die Reibung mufs nicht blofs durch die angegebene I richtung der Axe des Waagebalkens, sondern auch durch der Unterlage vermindert werden. Ehemals ruhete die Messerschneide geschärfte Tragaxe des Waagebalkens in Fig. 12. Löchern oder Pfannen der sogenannten *Scheere* (*trutina*; châs *cheeks*), die verhältnifsmäfsig sehr weit und zuweilen a unten bei 0 mit eingelegten schmalen, ebenen und glasha Stahlplatten versehen waren, die Scheere selbst aber wurde ihrem obern Ende vermittelst eines Ringes an einem Ha aufgehangen und trug somit die ganze Waage sammt Last. In der neueren Zeit haben die Künstler vorgezogen, Fig. 13. Messerschneide auf zwei Unterlagen ab ruhen zu lassen, auf zwei Säulen befestigt sind oder die obern Enden einer einer einzelnen Säule befestigten oder auch beweglichen G bilden, statt der Zunge aber am Ende des einen Armes e Spitze anzubringen, die an einer seitwärts befestigten Scale Zustand des Gleichgewichts und die Abweichungen von de selben (den Ausschlag) angiebt. Die Unterlagen sind we concav oder bei ganz feinen Waagen eben, zuweilen halb linderförmig oder gar zur Messerschneide zugeschärft, so d die Berührung beider Schneiden, dieser und der der Axe, nur einem Puncte statt findet, und bestehen entweder aus glash tem, fein polirtem Stahl, oder besser aus Achat; weil sich a die härteste Messerschneide durch langen Gebrauch abnut würde, wenn sie fortwährend auf der fein polirten Unterl mit ihrer ganzen Last ruhete, so hat man verschiedene V

---

1 G. XXIX. 443.

Digitized by Google

richtungen angebracht, um im Zustande der Ruhe die Waage zu tragen. Hierdurch wird zugleich ein anderer Zweck erreicht, es werden nämlich die zu grofsen und dann zu lange dauernden Schwingungen vermieden und somit die Zeitdauer der Wägungen bedeutend abgekürzt; denn je empfindlicher die Waage ist, um so schwieriger findet man das richtige Gewicht, mit welchem sie sich auf 0 der Theilung einstellt. Bei einigen Waagen ist daher der Mechanismus so eingerichtet, dafs vor dem Einstellen zur gröfsten Feinheit das Gewicht annähernd bestimmt wird und dann zuletzt erst die schärfste Bestimmung eintritt. Die für diese Zwecke in Anwendung gebrachten Vorrichtungen sind zuerst die jetzt weniger gebräuchlichen Gabeln unter dem Waagebalken, auf welche derselbe herabsinkt und unbeweglich ruhet, während die Unterlagen der Messerschneide herabgelassen sind, oder zwei Einschnitte von einem kleineren Winkel, als der der Messerschneide, in welche die letztere mit ihren äufsersten Enden sich einlegt, ohne dafs die Schärfe der Messerschneide selbst eine Unterlage berührt. Eine zweite sehr gewöhnliche Vorrichtung besteht darin, dafs die Messerschneide auf einer weicheren Unterlage von Messing ruhet, und wenn damit das Gleichgewicht annähernd hergestellt ist, eine härtere von Stahl in die Höhe gerückt wird, um zu einer schärferen Bestimmung zu gelangen, womit bei manchen Waagen noch eine dritte, vorzüglich gut polirte und sehr harte Unterlage von Achat verbunden ist, die zuletzt unter die Messerschneide gehoben die schärfsten Bestimmungen gestattet. Die verschiedenen Mechanismen, wodurch diese Hebungen der Unterlage bewerkstelligt werden, ausführlich zu beschreiben scheint mir überflüssig, da jeder Künstler die den jedesmaligen Waagen angemessensten zu wählen pflegt[1], und ich bemerke nur noch, dafs eben diese dazu dienen können, um die Schwankungen des Waagebalkens aufzuheben, diesen zu arretiren und dann wieder frei spielen zu lassen. Für diesen Zweck pflegt man auch auf dem Fufsbrete der Waagen kleine Tischchen anzubringen, auf denen die Waagschalen ruhen und die man niederdrückt, damit die Oscillationen beginnen können, wobei man sogleich wahrnimmt, ob die zuerst

---

1 *Eine feine* Vorrichtung beschreibt Prony in Ann. de Chim. *T. XXXVI. p. 50.*

niedersinkende Waagschale noch ein merkliches Uebergewi hat, was dann durch Wegnehmen angemessener Gewichte o Zulegen derselben in die andere Waagschale compensirt w den kann.

Die nämlichen Gründe, welche die Reibung der Axe vermeiden gebieten, machen dieses auch bei der Aufhängu der Waagschalen nothwendig, und man wendet zur Erreichu dieses Zweckes ähnliche Mittel an. Gewöhnlich hängt verhältnifsmäfsig weite Ring, woran die Waagschaale befes und welcher inwendig zugeschärft wird, über einer Mess schneide von 30 bis 60 Grad Zuschärfung, die am Ende Waagebalkens auf dessen Längenaxe rechtwinklig, also mit Tragaxe parallel laufend, angebracht ist. Bei einigen Waa befindet sich an den Enden des Waagebalkens eine mit Längenaxe des letzteren parallele, nach oben gekehrte Mess schneide, auf welcher nach Schaffrinski ein stählerner Hal cylinder so ruhet, dafs beide sich nur in einem Puncte berü ren, Cavendish aber zieht eine Achatplatte dem Stahlcylin vor. Dafs die eine dieser Messerschneiden durch eine Mikr meterschraube etwas verrückt werden könne, um die Länge Hebelarme dadurch zu reguliren, ist bereits oben bemerkt word

Ein auf jeden Fall beachtenswerthes Mittel zur Vermind rung der Reibung überhaupt und insbesondere bei zunehmend Lasten hat Herapath[1] in Vorschlag gebracht. Sein Waag balken, welcher nach der Zeichnung aus einem blofsen Sta Fig. 14. besteht, hat die Schneide der ihn tragenden Axe nach ob gerichtet und hängt an einem Hufeisenmagnete von hinlängl cher Tragkraft, dessen Schenkelenden abgerundet sind, u von der Schneide nur in einer feinen Linie berührt zu werde zugleich aber wird gerathen, zwei Ringe so anzubringen, da der Waagebalken durch sie gehalten würde, wenn er durch grofse Belastung herabfiele. Zur Unterstützung der Waagsch len dienen feine aufstehende Stahlspitzen, und man gewahrt den Enden zugleich die Mikrometerschrauben, welche die Län und den Schwerpunct des Waagebalkens zu corrigiren dien Da sich alles Uebrige leicht von selbst versteht, so bemer ich nur, dafs die Reibung hierdurch nicht mehr aufgehob wird, als durch die Mittel, die man für diesen Zweck bei d

1 New Annals of Philos. T. II. p. 291.

Digitized by Google

Krämerwaagen in Anwendung zu bringen pflegt; denn es ist gleichgültig, ob das Gewicht die Messerschneide gegen die Unterlagen von Stahl herabdrückt, oder die magnetische Kraft sie aufwärts gegen die Schenkel des Hufeisens zieht, wobei die letztere stets stärker seyn mufs, als die erstere, weil sonst der Balken herabfallen würde, und die Schenkel des Magnets geben aufserdem nur polirten Stahl, welcher den Achatplatten auf jeden Fall nachsteht. Richtig ist allerdings, dafs die Reibung mit wachsenden Lasten abnimmt, allein dennoch ist dieses nur täuschend, denn auch bei den schwersten Lasten ist sie stärker, als die gemeine Krämerwaage sie giebt, und gerade bei der geringsten Beschwerung, wobei sie nach diesem Vorschlage am stärksten ist, verlangt man die gröfste Feinheit. Ein Vortheil liegt allerdings darin, dafs das einen sehr feinen Cylinder bildende Ende der Messerschneide die gröfseren Cylinder der Schenkel des Magnets berührt und beide sich auf einander wälzen, allein dieser kann die übrigen Nachtheile nicht aufwiegen, wozu unter andern auch die nicht stets unveränderliche Tragkraft der Magnete gehört.

Ein sehr zu beachtender, von W. Weber[1] bekannt gemachter Vorschlag ist auf das durch Bessel[2] angegebene, von Barsold ausgeführte Princip der Abwickelung eines biegsamen Fadens von einem Cylinder gegründet. Der Waagebalken besteht hiernach aus einem Kreuze mit vier feinen abgerundeten Enden oder mit Cylindern, um welche die den Balken und die Waagschalen tragenden Fäden gewickelt sind. Für sehr feine Waagen können die Cylinder aus Nähnadeln und die Fäden aus ungezwirnter Seide, sogenannter Knopfmacherseide, bestehen, die noch biegsamer ist, als die vorgeschlagenen Coconfäden.

Die wesentlichste Bedingung der Feinheit einer Waage wird durch die Lage der Schwerpuncte und des Unterstützungspunctes gegeben, und da hierbei zugleich der sogenannte *Ausschlag* in Betrachtung kommt, so ist diese Untersuchung in Beziehung auf die Theorie der Waage bei weitem die wichtigste. Wird der Waagebalken als ein zweiarmiger Hebel betrachtet, so gilt dafür die Voraussetzung, dafs die Schwerpuncte

---

1 *Gött. gel. Anzeigen.* 1837. S. 215.
2 *Vergl.* Art. *Pendel.* Bd. VII. S. 340.

Digitized by Google

der Lasten und Hebelarme, also P und P′, p und p′ in e geraden Linie liegen, welches auch für gut gearbeitete Waa balken so weit als richtig vorausgesetzt wird, als die Kı dieses erreichen kann; man nimmt die Abweichung hier für verschwindend an. Liegt dann der gemeinschaftliche Schw punct S dieser zwei Paare von Schwerpuncten mit dem Unt stützungspuncte gleichfalls in der nämlichen geraden Linie, würde bei Abwesenheit aller Reibung und bei vorhande Gleichgewichte der Waagebalken in jeder Lage ruhen, du die geringste Vermehrung der Last aber die verticale Richtu annehmen, und da ein verschwindend kleines Gewicht physi nicht darstellbar ist, so würden Wägungen mit einer solch Waage nicht blofs schwierig, sondern eigentlich unmögl seyn. Läge der Unterstützungspunct unter jener geraden Li so würde der Waagebalken bei der geringsten Bewegung u schlagen und der gemeinschaftliche Schwerpunct unter d Unterstützungspunct herabsinken, wie hier nur kurz wiederh werden möge; der gemeinschaftliche Schwerpunct mufs a um ein Weniges unter dem Unterstützungspuncte liegen, u es fragt sich also, wie die Feinheit der Waage mit dieser La und den Gröfsen dieser Schwerpuncte im Verhältnifs ste

Fig. 15. Es sey zu diesem Ende P Q der mit den gleichen Gewich P und Q belastete und dadurch in den Zustand des Gleichg wichts gebrachte Waagebalken, dessen eigenes Gewicht = heifsen möge; es werde dann die Last P um die Gröfse vermehrt, und dadurch erhalte der Waagebalken die Lage P′ Ferner sey C der Unterstützungspunct, S der gemeinschaftlic Schwerpunct der Lasten und des eigenen Gewichtes des Wa gebalkens, welcher also durch das Zulegen von p nach S′ g hoben wird und den Ausschlagwinkel S C S′ giebt. Es heif dann:

P C H = a; P H = f; C H = g; C S = h und S C S′ = φ, so ist wegen Aehnlichkeit der Dreiecke:

$$P'F = P'C \text{ Sin. } (a - \varphi) = P'C \text{ (Sin. a Cos. } \varphi - \text{Cos. a Sin. } \varphi$$
$$= f \text{. Cos. } \varphi - g \text{. Sin. } \varphi,$$
$$Q'G = Q'C \text{ Sin. } (a + \varphi) = QC \text{ (Sin. a Cos. } \varphi + \text{Cos. a Sin. } \varphi$$
$$= f \text{. Cos. } \varphi + g \text{. Sin. } \varphi,$$
$$S'K = CS' \text{ Sin. } \varphi = h \text{ Sin. } \varphi.$$

Nach den Gesetzen des Gleichgewichts ist aber

$$(P + p)\, P'F = P \times QG + Q \times S'K,$$

Digitized by Google

wofür die eben gefundenen Werthe substituirt geben:
$(P+p)(f.\text{Cos.}\varphi - g\,\text{Sin.}\varphi) = P(f.\text{Cos.}\varphi + g\,\text{Sin.}\varphi) + Q\,h\,\text{Sin.}\varphi.$
Dieses gerechnet giebt

$$\text{Tang.}\ \varphi = \frac{p\,f}{(2P+p)\,g + Q\,h}.$$

Die Tangente des Ausschlagwinkels ist also dem Zulegegewichte und der Länge des Hebelarmes direct proportional, steht aber im umgekehrten Verhältnisse der Belastungen und des eigenen Gewichtes des Waagebalkens. Wollte man das Zulegegewicht (den sogenannten Ausschlag beim Handel) gegen die gesammte Belastung, also p gegen 2P als verschwindend betrachten, so würde man, da g constant ist, für einen gleichen Ausschlagwinkel ein den gewogenen Lasten proportionales Zulegegewicht erhalten, da Q stets gleich bleibt. Für $g = 0$ ist

$$\text{Tang.}\ \varphi = \frac{p\,f}{Q\,h},$$

also von der Belastung unabhängig, d. h. wenn die Aufhängepuncte der Lasten mit dem Unterstützungspuncte in eine gerade Linie fallen; ist aber sowohl g als auch $h = 0$, oder wenn die Schwerpuncte der Lasten und des Waagebalkens mit dem Unterstützungspuncte in einer geraden Ebene liegen, so ist für jedes p, also für das geringste Zulegegewicht die Tangente des Ausschlagwinkels unendlich, sie gehört einem rechten Winkel an, oder der Waagebalken stellt sich vertical.

Um daher einer Waage die erforderliche Feinheit zu geben, ist vor allen Dingen erforderlich, dafs der Waagebalken sich nicht biege, mindestens nicht merklich, denn eine geringe, wenn auch unmefsbar kleine, Biegung ist bekanntlich deswegen unvermeidlich, weil jeder Körper einige Elasticität hat; allein die Biegung darf auf jeden Fall nicht merklich seyn, weil sonst der gemeinschaftliche Schwerpunct der Lasten und auch der des Waagebalkens tiefer unter den Unterstützungspunct herabsinkt, also g und h gröfser werden. Da aber die Schwerpuncte der Lasten und des Waagebalkens unter dem Unterstüzungspuncte liegen müssen, damit der Waagebalken sich in horizontaler Lage bei vorhandenem Gleichgewichte einstelle, so darf der Abstand beider nur gering seyn, und es ist also die Feinheit der Waage der Kleinheit dieses Abstandes, der Leichtigkeit des Waagebalkens und seiner Länge, der Kleinheit der darauf gewogenen Lasten und der Verminderung der Reibung propor-

Digitized by Google

tional. Sofern es sich hier zunächst nur um die Lage Schwerpunctes und des Unterstützungspunctes handelt, s man diese möglichst genau in die nämliche gerade Ebene Linie zu bringen. Um in dieser Beziehung feine Correctic möglich zu machen, pflegen manche Künstler in einer vert len Ebene über oder unter dem Unterstützungspuncte ein wicht mit einer Mikrometerschraube anzubringen, welches Unterstützungspuncte mehr genähert oder weiter davon entf werden kann, um dadurch die Lage des Schwerpunctes zu guliren. Ebendieses geschieht auch dadurch, dafs die Un lage des Hakens, woran die Waagschale hängt, am einen I belarme mittelst Mikrometerschrauben etwas mehr gehoben tiefer herabgesenkt wird, und so wie am einen Hebel die Correction für die Länge der Hebelarme angebracht w befindet sich am andern die Correction für die Lage Schwerpunctes. Bei der Bestimmung des den Ausschlag wirkenden Zulegegewichts ist auf die Reibung keine Rücksi genommen, welche den Ausschlagwinkel kleiner machen m Da die Reibung den Lasten proportional ist, so läfst sich a diese berechnen[1]. Behalten P, Q und f die angegebene I deutung, heifst m der Reibungscoefficient, r der Abstand auf der Unterlage ruhenden Messerschneide vom Mittelpun der Drehung und p′ das Gewicht, welches die Reibung üb windet, so ist

$$m\,(2P+Q+p')\,r=fp',$$

und hieraus wird

$$p'=(2P+Q)\frac{r\,m}{f-r\,m}$$

gefunden. Man nimmt $m=0{,}1$ an, allein da bei den fein Waagen die Reibung eine wälzende ist und die Flächen d Messerschneide nebst ihrer Unterlage fein polirt sind, so jener Werth sicher noch bedeutend zu grofs.

Liegt der Schwerpunct der belasteten oder unbelastet Waage unter dem Unterstützungspuncte, so wird ersterer g hoben, wenn einer der Hebelarme herabsinkt, er wird ab wenn die herabdrückende Kraft nachläfst, wieder zur tiefst Lage herabsinken und somit eine pendelartige Schwingung e halten, die er zugleich den Hebelarmen mittheilt, die dar

1 Baumgartner Supplementb. S. 48.

Digitized by Google

gleichfalls pendelartig oscilliren. Weil aber die kleine Oscillation des Schwerpunctes die langen Hebelarme in Bewegung setzen muſs, so gleicht die Waage einem sehr langen Pendel, wobei die Oscillationszeiten um so gröſser sind, je kleiner der Abstand des Schwerpunctes vom Unterstützungspuncte im Verhältniſs zur Länge der Hebelarme ist. Empfindliche Waagen oscilliren also sehr langsam, und hierin liegt ein Hauptgrund der Schwierigkeit und langen Zeitdauer bei feinen Wägungen; auch oscilliren die Waagen langsamer, wenn sie mit Gewichten beladen sind, als ohne Schalen und Lasten[1].

Die Scalen, auf denen die aufwärts oder herabwärts stehenden oder am Ende des Waagebalkens angebrachten Zungen den Ausschlag angeben, sind in gewisse Theile getheilt. Wird der auf 0 dieser Scale im Gleichgewichte stehende Waagebalken durch ein bekanntes Uebergewicht bis auf einen oder etliche Theile der Scalen herabgedrückt, so kann man hieraus den Werth einer Abtheilung oder das Gewichtstheilchen finden, welches den Abtheilungen der Scale zugehört, und da für kleine Winkel diese den Tangenten gleich gesetzt werden können, so kann man beim Wägen das richtige Gewicht bestimmen, ohne daſs die Waage im Gleichgewichte steht, auch selbst in dem Falle, wenn die einzelnen Scalentheile kleineren Gewichten zugehören, als womit man versehn ist. Um dieses genauer zu ermitteln, sey man zuvor überzeugt, daſs bei gleicher Belastung die geometrische Axe des Waagebalkens sich in der horizontalen Lage ab einstellen würde. Stellt sie sich dann bei aufgelegten Gewichten in der geneigten Lage P′P ein, so ist P′ = P + p, oder die Waage wird durch das Uebergewicht p um einen gewissen Theil der Scale herabgedrückt. Legt man in die andere Scale dann ein bekanntes Gewichtstheilchen p′, und sinkt dieselbe in die entgegengesetzte Lage herab, so daſs der Waagebalken in der Neigung P′ (P + p′) zur Ruhe kommt, so ist die Summe der Gewichte im ersten Falle P′ + P = 2P + p, im zweiten Falle P′ + P + p′ = 2P + p + p′. Nennen wir die beiden Winkel φ und φ' und substituiren wir diese in die oben für den Ausschlag gefundene Formel, so ist Fig. 16.

$$\text{Tang. } \varphi = \frac{p f}{(2P + p) g + Q h}$$

1. Vergl. Gerstner a. a. O. Bd. I. S. 178.

Digitized by Google

und $$\text{Tang. } \varphi' = \frac{(p' - p)f}{(2P + p + p')g + Qh}.$$

Wegen des unbedeutenden Unterschiedes können beide Ne
füglich einander gleich gesetzt werden, und man erhält d
wenn man die Tangenten den Winkeln proportional setzt
statt dieser die Scalentheile m und n einführt,

$$m : n = p : p' - p$$

oder das erste, und zweite Glied addirt

$$m + n : m = p' : p, \text{ also } p = \frac{p' m}{m + n},$$

also auch

$$P' = P + p = P + \frac{m}{m + n} p',$$

wodurch das den beobachteten Scalentheilen zugehörige Gew
p bekannt wird, oder dieses letztere selbst, wenn man
nicht im Besitze eines solchen (z. B. wegen seiner Kleinh
befindet.

Es dürfte schwer seyn, zu bestimmen, welche Form
verschiedenen, von neuern Künstlern verfertigten, Waagen
Vorzug verdient, und welche daher geeignet wäre, hier z
Beschluſs der Untersuchung beschrieben zu werden. Es m
daher hierzu die von Ramsden verfertigte gewählt werd
wie Thom. Young[1] sie beschreibt, weil dieser Künstler
erst diesen Apparaten die erforderliche Genauigkeit und Fe
Fig. 17. heit gab. Ihre Construction ist aus der Zeichnung genüg
ersichtlich und bedarf daher keiner ausführlichen Beschreibu

b) Schnellwaage.

Die sogenannte Schnellwaage, auch römische genan
(*Statera romana;* Balance romaine; *Steelyard*, *Stilyar*
beruht auf dem Principe des Hebels mit ungleich langen A
men. Wallis[2] leitet mit Pocock den Namen aus dem Orie
her, wo diese Art Waage frühe bekannt war, und da das
längern Hebelarme hängende Gewicht die Gestalt eines Gran
apfels (arab. *Romman;* hebr. *Rimmon*) hatte, so soll sie hie
nach noch jetzt dort *Rommana* heifsen. Den Namen Schnel

1 Lectures on Nat. Philos. Lond. 1806. 2 T. 4. T. I. p. 126.
2 Mechanica. In Opp. T. I. p. 642.

Digitized by Google

waage hat sie daher, weil man in der That durch das Verschieben des Gewichtes schneller wägen kann; auch gewährt sie bei grofsen Lasten den Vortheil, dafs man nicht gezwungen ist, so viele Gewichtstücke aufzulegen, als die zu wägende Last beträgt, wobei aufserdem der tragende Haken nur die Summe des Gewichts der Waage, der daran hängenden Last und des Laufgewichts, mithin weniger, als bei der Krämerwaage zu tragen hat, gleiches Gewicht und gleiche Belastung beider vorausgesetzt.

Die gewöhnlichen Schnellwaagen sind so eingerichtet, dafs sie zugleich zum Abwägen gröfserer und kleinerer Lasten dienen. Zu diesem Ende haben sie zwei ungleiche Abtheilungen des Waagebalkens, indem sie für geringere Lasten am Haken c aufgehangen werden, wobei das Verhältnifs der Längen a c zu c g statt findet, nach Umkehrung aber am Haken c′ mit dem Verhältnifs a c′ zu c′ g; der aus einer flachen Stange bestehende Balken ist dann auf beiden Seiten zugeschärft und die Schärfe mit Einkerbungen versehn, in welche der gleichfalls zugeschärfte Haken mit dem Laufgewichte P eingehängt wird, bis das Gleichgewicht hergestellt worden ist und die auf der zugehörigen Seite eingeschlagene Zahl das gefundene Gewicht angiebt. Durch das zwar nicht nothwendige, aber im Ganzen nicht ausbleibende Verschieben des scharfen Hakens auf der gleichfalls scharfen Kante des Waagebalkens werden beide, insbesondere der letztere, bald merklich abgenutzt, und es ist daher besser, dem Waagebalken die Gestalt eines, wenn auch gegen das Ende hin etwas verjüngten, Parallelepipedums zu geben und über diesen eine Hülle zu schieben, an welcher in beiden Lagen das Laufgewicht vermittelst eines Hakens in einem Ochre aufgehangen wird, wobei man nach Herstellung des Gleichgewichts die Zahlen auf der Seite des Waagebalkens durch einen Schlitz in der Mitte des Schiebers ablieset. Den Werth dieser Zahlen aus den Längen der beiden Hebelarme, aus dem Gewichte des Waagebalkens, des Laufgewichtes und der Waagschale durch Rechnung zu finden wäre zwar nicht schwer, würde aber auf jeden Fall sehr genaue Messungen dieser Gröfsen erfordern, und es ist daher sowohl leichter als auch sicherer, sie empirisch zu finden, wobei es nur einiger genauer Bestimmungen bedarf, um die dazwischenliegenden mit genügender Schärfe zu interpoliren. Zur Erreichung der erforderli-

Fig. 18.

Digitized by Google

chen Empfindlichkeit werden übrigens die Regeln in Anwen
gebracht, welche so eben für die Krämerwaage angegeben wo
sind. Da sich indefs die Gewichte in kleinere Theile zerf
lassen, als die Längen der Hebelarme, so ist mit der Schn
waage keine so grofse Feinheit zu erlangen, als mit der K
merwage.

Arzberger[1] hat vor bereits längerer Zeit die Schn
waagen mit den Krämerwaagen auf eine so zweckmäfsige W
vereinigt, dafs man glauben sollte, diese Constructionsart w
allgemeiner eingeführt seyn, als bisher der Fall war, wo
man sieht, dafs für den praktischen Gebrauch nur ganz ei
che Werkzeuge verlangt werden, die sich ohne weitere
Fig. 19. berlegung mechanisch behandeln lassen. Der Waagebalken
ist so eingerichtet, dafs er mit zwei Schalen an den be
Enden als gleicharmige Waage dienen kann. Hängt man
viermal so schwere Schale an den Haken D, so wiegt man
vierfache Gewicht der Gewichtstücke, und wenn die Schale
aufgehangen ist, das sechzehnfache. Zugleich aber kann
sich eines Laufgewichtes bedienen, welches gegen 9 P
wiegt, dieses auf der eingetheilten Stange verschieben und
mit, wenn die Last an D hängt, von 3 bis 35 ℔., wenn
aber an E hängt, von 12 bis 135 ℔ abwägen.

Aufser der genannten Schnellwaage giebt es vorzüg
noch die sogenannte *dänische*[2] (zuweilen auch schwedische
nannt). Sie unterscheidet sich dadurch, dafs sowohl die W
schale als auch das Laufgewicht ihre Stelle am Hebel
nicht verändern, indem letzterer dagegen selbst in einer H
Fig. 20. verschoben wird, die zugleich die Axe enthält. Die Zeichn
giebt ein ungefähres Bild ihrer Construction. Man kann
derselben sowohl geringe als auch grofse Lasten wägen,
wenn der stählerne vierkantige Waagebalken von etwa dre
gröfserer Höhe als Dicke in feine Theile getheilt worden ist,
der einen Seite des Schlitzes in der Hülse, durch welche
Zahlen abgelesen werden, sich ein Nonius befindet, end
aber die Messerschneiden, Unterlagen und überhaupt alle Th
der Waage nach den für die Krämerwaage angegebenen Re

---

1 G. XLVI. 294.

2 Die Engländer nennen sie Danish balance oder danish st
yard.

Digitized by Google

genau gearbeitet sind, so genügen solche Waagen auch zur Bestimmung sehr kleiner Gewichtunterschiede.

Sehr fein construirt waren die Schnellwaagen von Paul[1] in Genf, und sollten ebenso feine Gewichtsbestimmungen angeben, als vermittelst der Krämerwaagen gefunden werden, was jedoch nur dann möglich ist, wenn man den Waagebalken sehr lang und den längeren Arm verhältnifsmäfsig sehr lang macht, wodurch der Apparat jedoch zum Wägen bedeutender Lasten unmöglich wird. Sehr fein gearbeitet und mit verschiedenen Gewichten versehn sind die *chinesischen Schnellwaagen*[2] aus Elfenbein, die blofs für geringe Lasten dienen; Ramsden[3] aber richtete eine gleichfalls feine Schnellwaage zur Bestimmung des spec. Gewichts der Körper ein, die Hassenfratz[4] dadurch zu verbessern suchte, dafs er auf dem längeren Hebelarme zwei verschiebbare Laufgewichte anbrachte, deren eins durch seine Stellung Gramme, das andere Centigramme angiebt, woraus man auch sogleich ersieht, dafs die Feinheit weit hinter derjenigen zurückbleibt, welche durch gleicharmige hydrostatische Wagen erreicht wird. Ungleich häufiger dagegen bedient man sich der Schnellwaagen zum Wägen grofser Lasten, jedoch gegenwärtig dieses ehemals häufiger als jetzt, wo man für diesen Zweck das Princip der zusammengesetzten Hebel anwendet und dadurch bedeutend an Raum erspart. Unter die älteren bekannt gewordenen Waagen ist vorzüglich die von Leupold[5] i. J. 1718 in Leipzig angelegte grofse *Heuwaage* zu zählen, welche zwei Aufhängepuncte hatte und mit drei Laufgewichten, die bei den schwersten Lasten alle aufgelegt wurden, von 3 bis 58 Centner zog, wobei sie auf ein halbes Pfund einen Ausschlag gab. Der Waagebalken hatte 6 Leipz. Ellen Länge, das Laufgewicht wog 1,25 Centner, und über demselben war ein Senkel angebracht, um den horizontalen Stand des Waagebalkens anzugeben.

Bei den einfachen Schnellwaagen mufs der eine Hebelarm

---

1 S. Gregory's Mechanics. T. II. p. 405. Vergl. Philos. Mag. T. III.

2 Grew's Museum. p. 369. Hutton Dict. T. II. p. 456.

3 Account of Experiments to determine the spec. gravities of bodies. Lond. 1792. Journ. de Phys. 1792. Juin.

4 Ann. de Chim. An. 6. N. 76. G. I. 158.

5 Theatrum stat. univ. Part. I. Cap. 6.

sehr lang seyn, wenn grofse Lasten damit gewogen w
sollen; denn da die Axen nothwendig massiv seyn mi
um die erforderliche Stärke zu haben, so lassen sie sich
einander so nahe bringen, um dem kürzeren Hebelarme da
forderliche Verhältnifs gegen den längeren zu geben.
wesentliche Verbesserung dieser Apparate beruht daher auf
Principe, mehrere Hebel mit einander zu verbinden, un
durch an Raum zu sparen, und hiernach hat man insbeso
in der neuern Zeit die Waagen für grofse Lasten ausneh
bequem eingerichtet. Eine alte Einrichtung dieser Art
Fig. 21. man bei der *schwedischen Schiffswaage*. Sie befindet sic
einem eignen Gestelle, und hängt an zwei Seilen, die
Rollen gehn und mittelst einer gezahnten Stange und
Getriebes angezogen werden, um den Tragbalken, woran
Waage hängt, und diese zugleich mit in die Höhe zu wi
wenn die Last bereits auf die Schale gelegt worden ist. Let
hängt zwischen den beiden Unterstützungspuncten des
fseren Waagebalkens, dessen längerer Arm c durch den
geren des zweiten d gehoben wird, an dessen längerem Ar
die Waagschale mit dem Gewichte P hängt. Beide Wa
balken müssen im Zustande des Gleichgewichts sich in h
zontaler Lage befinden, welches beim stärkern untern aus
Construction von selbst folgt, wenn es beim obern der
ist, und bei dem letztern wird es durch die Zunge u an
zeigt, die in diesem Falle mit der lothrecht herabhänge
Stange v parallel laufen mufs. Man sieht bald, dafs das
gelegte Gewicht P sich zu der gewogenen Last verhalten m
wie verkehrt die Producte der Längen der Hebelarme,
$P : W = ll' : LL'$. Meistens wird die Einrichtung so getro
dafs $l = l' = 1$ und $L = L' = 10$ ist, wodurch $P = \frac{1}{100} W$ w
Weil aber hierbei das eigene Gewicht der Waagebalken n
berücksichtigt worden ist, so werden diese durch die Gewi
der beiden Waagschalen und, wenn dieses nicht zureicht, du
Gegengewichte so balancirt, dafs die unbelastete Waage sich
Gleichgewichte einstellt.

Auf der Verbindung mehrerer Hebel beruht auch die C
struction der *Strafsen-* oder *Mauthwaagen*, die auch *Wa*
brücken genannt werden und in England dazu dienen,
Weggeld nach dem Verhältnifs der Breite der Radfelgen (R
schienen) zur Belastung zu erheben, in Frankreich aber b

Digitized by Google

ten, das letztere Verhältnifs zu controliren. Eine ausführliche Beschreibung derselben würde hier zu viel Raum erfordern und zunächst nur den ausübenden Künstler interessiren, weswegen ich auf die vollständige Untersuchung ihrer Construction von v. Gerstner [1] verweise und nur im Allgemeinen bemerke, dafs die Waagschale (Wägebrücke) sich vor den Mauthhäusern zu befinden pflegt, hinlänglich breit und lang für die zu wägenden Wagen und der Bequemlichkeit wegen im gleichen Niveau mit der Strafse. Sie ruht auf den kürzeren Armen von Hebeln, deren längere Arme wieder durch die kürzern anderer Hebel bewegt werden, bis zuletzt eine im Zimmer des Mauthbeamten befindliche Schnellwaage das reducirte Gewicht der gewogenen Last angiebt, woraus das absolute Gewicht der gewogenen Last durch einfache Rechnung hervorgeht.

Die wesentlichste Verbesserung haben in der neuern Zeit die zum Wägen gröfserer Lasten bestimmten Waagen durch den Mechaniker Quintenz und seine Nachfolger Rolle und Schwilgue in Strafsburg erhalten [2]. Man übersieht die Construction dieser ebenso sinnreich als einfach gebauten Apparate, welche jetzt unter dem Namen *tragbare Brückenwaagen* oder Bascülen (vom franz. *bascule*) sehr allgemein bekannt sind, am besten, wenn man die dabei angewandten zusammengesetzten Hebel durch blofse Linien darstellt [3]. Es sey zu diesem Ende a n' die Brücke oder die Waagschale, worauf die Last W im Puncte a ruht, das eigene Gewicht dieser Brücke mit den dazu gehörigen Theilen heifse Q, habe seinen Schwerpunct in m und ruhe mit dem Ende n auf dem Puncte c des Hebelarms h c i, welcher mit dem Waagebalken f k durch die Stange h k verbunden ist, das andere Ende b aber hänge vermittelst der Stange b e an eben diesem Hebelarme, dessen Unterstützungspunct in o sich befindet, so wie der des untern Hebels h c i in i. Die hiernach aufgelegte, auf b n ruhende Last übt gegen den Punct n einen Druck $= W\frac{ba}{bn}$ und gegen b

Fig. 22.

1 Handbuch der Mechanik. Th. I. S. 205 bis 210.

2 Dingler's polytechnisches Journ. Th. XIV. S. 1. Auf diese Wage hat J. G. Deichsein zu London im Jahre 1825 ein Patent erhalten. S. London Journ. of arts and sciences T. XIV. N. 87. Wiener Jahrbuch. Th. XIII. S. 339.

3 V. Gerstner Handbuch der Mechanik. Th. I. S. 211.

Digitized by Google

einen Druck $= W\frac{an}{bn}$, zusammen also $= W\frac{ba}{bn} + W\frac{an}{bn} = W$

das in seinem Schwerpuncte m angenommene eigene Gev
der Brücke $= Q$ drückt aber auf den Punct n mit einer
$= Q\frac{bm}{bn}$, gegen den Punct b mit einer Last $= Q\frac{mn}{bn}$,

sammen $= Q\frac{bm}{bn} + Q\frac{mn}{bn} = Q$. Die auf den Punct b
kende Last ist daher $= W\frac{an}{bn} + Q\frac{mn}{bn}$ .... I.

Die auf den Punct n wirkende Last ist $= W\frac{ba}{bn} + Q$

Letztere mufs also, auf den Punct c wirkend, den Hebel hi
einer Kraft niederdrücken, welche die Stange hk mit einer

$$= \left(W\frac{ba}{bn} + Q\frac{bm}{bn}\right)\frac{ci}{hi} \text{ .... II.}$$

niederzieht. Auf den Hebel fok wirken also in den Punct
und k diese beiden angegebenen Gewichte, im Puncte f
nach entgegengesetzter Richtung das Gewicht der Waags
mit Ketten $= P$ und das auf ihr liegende Gewicht $= p$,
damit beide Kräfte einander das Gleichgewicht halten,
seyn

$$(P+p)fo = \left(W\frac{an}{bn} + Q\frac{mn}{bn}\right)oe + \left(W\frac{ba}{bn} + Q\frac{bm}{bn}\right)\frac{ci}{hi}.$$

Da die Verhältnisse der Längen der Hebelarme willkü
sind, so werden sie am einfachsten einander gleich ges
also $oe = \frac{ci}{hi}.ok$, und es lassen sich dann beide Glieder
letzten Theils der Gleichung addiren. Dieses giebt

$$(P+p)fo = \left(W\frac{an}{bn} + Q\frac{mn}{bn} + W\frac{ba}{bn} + Q\frac{bm}{bn}\right)oe$$

$$(P+p)fo = \left(W\frac{(an+ba)}{bn} + Q\frac{(mn+bm)}{bn}\right)oe;$$

$$(P+p)fo = \left(W\frac{bn}{bn} + Q\frac{bn}{bn}\right)oe;$$

$$(P+p)fo = (W+Q)\,oe \text{ .... III.}$$

Da in dieser Gleichung die Gröfsen ba und bm nicht m
vorkommen, so folgt hieraus, dafs es gleichgültig sey, auf w

Digitized by Google

dem Puncte der Wägebrücke die Last liege; indefs findet dieses nur dann statt, wenn $oe = \frac{ci}{hi} . ok$ ist, oder wenn $oe : ok = ci : hi$. Hieraus folgt die Regel, dafs ok so oft in oe enthalten seyn mufs, als hi in ci. Es mufs dann das Gewicht der Waagschale (P) mit dem Gewichte der Wägebrücke vollkommen ausgeglichen seyn, und ist dann $p = 0$, so mufs auch $W = 0$ seyn, und man erhält aus der Gleichung (III)

$$P . fo = Q . oe \ldots . \text{IV.}$$

Fiel die letzte Gleichung von der vorletzten abgezogen, so bleibt

$$p . fo = W . oe,$$

oder

$$p : W = oe : fo.$$

Es verhält sich also der kürzere Hebelarm oe zum längeren fo, wie das Gewicht, welches auf die kleinere Waagschale gelegt wird, zum Gewichte der auf der Waagebrücke gewogenen Last; wobei jedoch die Bedingung statt finden mufs, dafs die unbelastete Waage in ihren verschiedenen Theilen sich im Gleichgewichte befindet. Bei den meisten Wägebrücken, ja man darf wohl sagen bei allen, da sie jetzt in der Regel nach empirischer Vorschrift verfertigt werden, findet das Verhältnifs von 1 zu 10 statt, welches zugleich bequem und für das Bedürfnifs im Ganzen zureichend ist. Wollte man für gröfsere Lasten das Verhältnifs 1 zu 100 wählen, so würde der Hebelarm of zu grofs ausfallen, doch liefse sich auch diesem leicht begegnen, wenn man den Punct f des längeren Hebelarmes auf den kürzeren eines zweiten Hebels wirken liefse, welcher zu seinem längern abermals das Verhältnifs von 1 zu 10 haben müfste, um durch diese Verbindung beider das von 1 zu 100 herauszubringen. Einen wesentlichen Vortheil der Bequemlichkeit gewähren diese Waagen durch die Einrichtung, dafs ein grofser Theil des Hebelwerkes unter den Wägebrücken liegt, sie mithin verhältnifsmäfsig nur wenig Raum einnehmen, aufserdem aber werden sie in eine Vertiefung des Fufsbodens eingesenkt und man kann daher die zu wägenden Lasten auf die Wägebrücke wälzen. Uebrigens versteht sich von selbst, dafs die Hebel mit Messerschneiden ebenso auf harten Unterlagen ruhn, um die Reibung möglichst zu vermindern, als dieses bei den Krämerwaagen und Schnellwaagen der Fall ist.

Digitized by Google

c) Zeigerwaagen.

Eine Classe von Waagen, die sich durch ihre grofse
quemlichkeit sehr auszeichnen und bis zu einem sehr ho
Grade von Feinheit bringen lassen, sind die Zeigerwa
(Balance à cadran; *Bent lever balance*). Für den ph
kalischen Gebrauch eignen sie sich nach Baumgartner [1]
besondere für diejenigen Fälle, wenn man das mit der Zeit
ändernde Gewicht der Körper kennen will, welches sie
selbst unter der Bedingung angeben, dafs sie unzugänglich s
wie z. B. unter der Campane einer Luftpumpe u. s. w.
Princip, worauf ihre Construction beruht, ist ganz einfach
Fig. 23. gendes. ACB ist ein Winkelhebel, dessen horizontale Axe
C unterstützt und mit einer Messerschneide auf einer ha
Unterlage ruhend, ohne merkliche Reibung drehbar ist.
physischer Hebel betrachtet habe er seinen Schwerpunct in
seine Spitze beschreibe einen Kreisbogen ED, und der
Arm sey so eingerichtet, dafs auf das Ende B desselben
vertical herabziehende Last wirkt. So lange diese Last n
vorhanden ist, wird der Schwerpunct G in die Verticale
herabsinken und in F zur Ruhe kommen, wirkt aber au
eine vertical herabziehende Kraft (ein in die an B hänge
Waagschale gelegtes Gewicht), so bildet der andere Hebel
mit der Verticalen einen Winkel ACE, dessen Gröfse
den Theilen des getheilten Bogens ED bestimmt wird.
seyen

$ACB = \alpha$, $ACE = \varphi$, $BCE = \varphi'$, mithin $\alpha = \varphi + \varphi'$.

Heifsen ferner, nachdem die Horizontalen FB und GH ge
gen sind, $CG = A$, $CB = B$, die an B hängende Last =
das Gewicht des Waagebalkens = Q, so hat man für den
stand des Gleichgewichts

$$Q \,.\, GH = P \,.\, BF$$

$$\text{oder } Q \,.\, B \text{ Sin. } \varphi = P \,.\, A \text{ Sin. } \varphi'$$

$$\text{oder } Q \,.\, B \text{ Sin. } \varphi = P \,.\, A \,(\text{Sin. } \alpha \text{ Cos. } \varphi - \text{Cos. } \alpha \text{ Sin. } \varphi)$$

also

$$\text{Tang. } \varphi = \frac{P \,.\, A \,.\, \text{Sin. } \alpha}{Q \,.\, B + P \,.\, A \text{ Cos. } \alpha}.$$

Aus dieser Formel folgt, dafs für P=0 die Spitze A des Z

---

1 Supplementband. S. 55.

Digitized by Google

gen in die verticale Linie nach E herabsinken würde; allein da auch bei der unbelasteten Waage der andere Hebelarm selbst einiges Gewicht hat, aufserdem aber die Waagschale an demselben hängen mufs, so kann P nie = 0 werden und der Hebelarm mit der auf die Abtheilungen des Gradbogens zeigenden Spitze mufs daher etwas gebogen seyn, wenn die Theilung unmittelbar in E mit 0 anfangen soll. Ferner wachsen die Tangenten nicht der Gröfse von P direct proportional, und die Abtheilungen des Gradbogens können also einander nicht gleich seyn; man mufs daher einige derselben nach der Formel oder empirisch auftragen und die zwischenliegenden interpoliren, woraus jedoch folgt, dafs solche Waagen nicht wohl so genau gehen können, als die Krämerwaagen. Nach Baumgartner hat Werner in Wien eine solche Waage verfertigt, deren Construction aus der Zeichnung genügend erkannt wird, mit einem getheilten Bogen von 12 Zoll Halbmesser, die das Gewicht der Körper von 22 Grammen bis 1 Milligramm angiebt. Fig. 24.

Die Zeigerwaagen haben vor den bisher genannten Arten von Waagen den Vorzug, dafs sie das Gewicht der Körper unmittelbar ablesbar angeben, und da sie zugleich sehr empfindlich seyn können, so bedient man sich derselben zum Wägen der Garnsträhne, um deren gleich feine zum Weben der nämlichen Stücke lang zu wählen. V. Gerstner[1] beschreibt die gewöhnlichsten Arten derselben, von denen ich die folgenden zwei, eine mit verticaler und eine andere mit horizontaler Scale, hier aufnehme[2]. Die gebräuchlichsten sind die mit verticaler Scale und beruhn auf folgenden Gesetzen. Es sey der gebrochene Hebelarm a c b in c unterstützt und in a mit einem Gewichte P beschwert. Da die physischen Hebelarme ein eigenes Gewicht haben, welches Q heifsen möge, so nehmen wir an, dafs die unbelastete Waage in der Lage a c b zur Ruhe komme. Dabei Fig. 25.

---

1 Handbuch der Mechanik. Th. I. S. 194. Vergl. Arzberger in C. XLVI. 392, wo eine vollständige Theorie der Zeigerwaage gegeben worden ist.

2 Eine solche Zeigerwaage ist auch diejenige, welche Schlumberger unter dem Namen einer Schnellwaage oder römischen Waage construirt hat. S. Dingler's polytechnisches Journal Th. XXXVI. S. 5 aus Bullet. de la Soc. industr. de Mülhausen. N. II. Die minder wissenschaftliche Art der Eintheilung des Quadranten kommt auf das hinaus, was oben nach Baumgartner angegeben worden ist.

mufs der gemeinschaftliche Schwerpunct der Gewichte P + Q irgend einem Puncte der von c herabgehenden Verticale lie wir nehmen an in m. Wird dann in i irgend ein Gew = W aufgehangen, so zieht dieses den Waagebalken v nach d herab, die Waage kommt in der Lage l c d zum S stande und der Waagebalken bildet in seiner zweiten Lage der ersten einen Winkel b c d = φ, welcher dem Winkel gleich ist, während der gemeinschaftliche Schwerpunct der wichte P + Q von m nach n gehoben wird und mit der hern Lage einen Winkel n c m = φ bildet. Da die statis Momente einander gleich sind, so ist

$$(P + Q)\, no = W.ch \ldots\ \text{I.}$$

Wegen der Gleichheit der Winkel sind auch die Dreiecke und nco, so wie auch kfe und cgh einander ähnlich. hat also

$$no : nc = ke : ko$$
$$cg : ch = kf : ke$$

$$no.cg : nc.ch = kf : kc, \text{ woraus } no = \frac{kf.nc.ch}{kc.cg} \ldots$$

Der letztere Werth in (I) substituirt giebt

$$(P + Q)\,\frac{kf.nc.ch}{kc.cg} = W.ch.$$

Hieraus ergiebt sich der von der Zeigerspitze auf der vert len Scale kr beschriebene Theil oder der Ausschlag

$$kf = \frac{W.kc.cg}{(P+Q)\,nc} \ldots\ \text{III.}$$

Für ein anderes an i gehangenes Gewicht = W′ würde sich in kf′ verwandeln, und die von der Zeigerspitze an der v calen Scale bezeichneten Abtheilungen sind also den Gewic direct proportional; auch ergiebt sich aus der Formel, dafs um so gröfser wird, dafs also der Zeiger auf desto grö Räume weiter rückt, also die Waage so viel empfindli wird, je länger der andere Hebelarm ck und je weiter Aufhängepunct der Last g vom Drehpuncte c entfernt Die Construction der Waage kann auch so eingerichtet wer

Fig. 26. dafs das balancirende Gegengewicht Q sich in n befindet der Zeiger in r auf 0 zeigt, wenn das Ende g des andern belarmes in g unbelastet ist, dann aber nach n′ und der ger nach k gehoben wird, wenn eine Last den Hebelarm

Digitized by Google

g herabzieht. Will man der Bequemlichkeit wegen die Scale auf einen Kreisbogen auftragen, so darf man um so mehr, weil bei diesen Waagen nur geringe Unterschiede der Gewichte verlangt werden, mithin nur kleine Bogen erforderlich sind, nur die Linie s t in gleiche Theile theilen und von den Theilungspuncten aus Linien nach c ziehen, deren Durchschnittspuncte mit dem Bogen auf diesem die Theile angeben.

Die zweite Classe dieser Waagen ist mit horizontaler Scale und ihre Berechnung der eben beschriebenen ganz ähnlich. Es befinde sich also für die unbelastete Waage das Gewicht Q in h, der eine Arm in a, der andere in b; nach der Belastung mit W komme h nach i, a nach d und b nach e, so ist für das Gleichgewicht Fig. 27.

$$W.cg = Q.ck,$$

also wegen der Aehnlichkeit der Dreiecke d g c und f b e, so wie auch c k i und c e b

$$cg:cd = be:bf$$
$$ci:ck = bc:be$$

$$cg.ci:cd.ck = bc:bf, \text{ also } cg = \frac{cd.ck.bc}{ci.bf},$$

welches substituirt giebt

$$W.\frac{cd.ck.bc}{ci.bf} = Q.ck$$

und hieraus

$$bf = \frac{W.cd.bc}{Q.ci}.$$

Die Theile b f der Scale sind also den Gewichten direct proportional, und es gilt von dieser Waage dasselbe, was so eben über die mit verticaler Scale gesagt worden ist, wie nicht minder die allgemeine Regel, dafs auch bei dieser Art von Waagen die Reibung so viel als möglich vermindert seyn mufs. Eine gewöhnliche Art der Construction dieser Waagen ist aus der Zeichnung ersichtlich, die keiner weiteren Erläuterung bedarf. Fig. 28.

d) Federwaagen.

Eine jede Feder widersteht einer sie aus ihrer Lage bringenden, also sie auf- oder abwickelnden, sie beugenden, sie zusammendrückenden oder ausdehnenden Last mit einer stets

Digitized by Google

wachsenden Kraft, und wenn man diese in Gewichtsthe ausdrückt, so erhält man die verschiedenen Arten von Fe waagen, die zwar sehr bequem sind, grofse Genauigkeit nicht gewähren können, weil überall die wachsende Elastic der Federn der auf sie wirkenden Last nach keinem bestim ten Gesetze proportional zunimmt und an sich einer Modifi tion durch den Einflufs der Temperatur unterliegt. Federw gen pflegen daher nur da gebraucht zu werden, wo es grofse Genauigkeit nicht ankommt, z. B. beim Abwägen Pferderationen an Heu, Hafer u. s. w., wobei sie wegen il Kleinheit als sehr bequeme Apparate dienen. Eine theoretis Bestimmung der von ihnen anzugebenden Gewichte ist möglich, sie müssen also empirisch getheilt werden, und geniigt daher, die gangbarsten derselben nur im Allgemeinen
Fig. 29. beschreiben. Eine sehr gemeine Art besteht aus einem hoh etwa 4 bis 6 Zoll langen und ungefähr 1 Zoll im Durchme haltenden Cylinder, oben mit einem Ringe, um sie an nem Finger zu halten, unten mit einem Haken, woran die wägende Last gehangen wird. Im Cylinder ist eine schr benförmig gewundene Feder angebracht, welche durch die I zusammengedrückt wird. Durch diese Feder ist eine vierk tige Stange gesteckt, welche sich bei der Zusammendrück derselben entweder oben oder unten durch den Deckel des C linders ziehen läfst, je nachdem die Feder sich gegen den ob oder untern Boden des Cylinders steift, und auf der flach Seite dieser Stange sind dann diejenigen Gewichte, meist nur bis zu Viertelpfunden, bezeichnet, die der erzeugten Z sammendrückung der Feder zugehören, so dafs man das Gewi der gehobenen Last unmittelbar ablieset.

Nach einer zweiten, gleichfalls sehr gewöhnlichen, Co struction bestehen die zu gleichen Zwecken dienenden Fed
Fig. 30. waagen aus einem stählernen Bügel, welcher oben mit ein Oehre versehen ist, durch welchen der zum Halten dienen Ring geht, unten aber mit einem zweiten d, in welchem zum Anhängen der Lasten bestimmte Haken h hängt. I eine Ende des stählernen Bügels hält in einem Scharnier das Ende eines Zeigers, welcher durch eine Oeffnung b andern Ende des Bügels gesteckt ist, und dessen Spitze c be Auseinanderziehen des Bügels auf einem getheilten Bogen d jenigen Gewichte angiebt, welche an den Haken h gehangen

Digitized by Google

stärkere Ausdehnung des Bügels bewirken. Diese Scale befindet sich auf einer messingnen Platte on von geeigneter Form, welche in e am Bügel befestigt ist. Man hat auch zum Garnwägen dienende Federwaagen, die aus einer am oberen Ende einige Male umgewundenen und in einen hölzernen Cylinder ef eingelassenen Feder bestehen, wobei ein in den Cylinder gesteckter Draht ss′ dazu dient, die zu wägenden Strähne vermittelst eines Hakens daran zu hängen. Zu den Federwaagen pflegt man auch die *Dynamometer* zu rechnen, von denen bereits geredet worden ist[1]; es verdient aber hier noch bemerkt zu werden, dafs unter Andern namentlich Egen[2] dieses Werkzeug, dessen er sich bei seinen lehrreichen Untersuchungen über die Kraft der Mühlräder bediente, *Federwaage* nennt, dagegen einen andern Apparat durch Dynamometer bezeichnet, welcher bei seinen Messungen gleichfalls gebraucht wurde. Letzterer besteht aus einem starken eisernen flachen Ringe, welcher um die Mühlenwellen gelegt, und um für diese von verschiedener Dicke zu passen, mittelst Schrauben, deren untere Spitzen sich hinlänglich tief in die hölzerne Welle eindrücken, unbeweglich befestigt wird. Um diesen Ring, welcher aufsen flach und mit aufstehenden Rändern versehen ist, um das Abgleiten zu verhüten, wird ein anderer Ring als Band gelegt und mittelst Schrauben fest angezogen, damit beide sich auf einander so stark reiben, als der jedesmalige Versuch erfordert. Während also der innere Ring sich mit der Mühlenwelle umdrehet, wobei der äufsere Ring so stark angezogen wird, dafs jener nach ausgelöstem Getriebe die nämliche Umdrehungsgeschwindigkeit erhält, als wenn das zugehörige Werk im Gange ist, so verwendet die Mühlenwelle ihre ganze Kraft auf die Ueberwindung der Reibung beider Ringe auf einander, die zur Verhütung des Erhitzens stets mit Wasser benetzt werden. Am äufseren Ringe befindet sich ein starkes Oehr; durch dieses steckt man einen Balken, um den Ring festzuhalten, und an das andere Ende dieses Balkens oder dieser Stange bringt man die Federwaage (das Dynamometer) an, welche die von der Stange gehobenen Gewichte und also, mit Rücksicht auf die ungleiche

Fig. 31.

---

1 S. Art. *Dynamometer*. Bd. II. S. 715.

2 Untersuchungen über den Effect der Wasserwerke u. s. w. Berl. 1831. 4.

Digitized by Google

Länge der Hebelarme, die Kraft der Mühlenwelle in Pfun angiebt. Egen tadelt die in diesem Werke angegebene C struction der Dynamometer (Federwaagen) deswegen, weil stählerne Bügel durchbrochen ist, um die Handhaben und Zeigerwerk anzubringen, und er läfst diese daher durch üb greifende Klammern befestigen, inzwischen ist die Schwäch des Bügels durch die Löcher nicht merklich, weil die ein brachten Zapfen sie vollständig ausfüllen, auch habe ich gut ausgeführten Dynamometern nie eine Abweichung v richtigen Gange bemerkt, selbst wenn sie mit Lasten bis 1000 Kilogrammen beschwert wurden. V. Gerstner[1] eine eigenthümliche, gleichfalls sehr zweckmäfsige, Construc der Dynamometer (*Kraftmesser*) angegeben; mir scheint a die von mir in Vorschlag gebrachte, neuerdings noch et verbesserte, deswegen den Vorzug zu verdienen, weil der Z ger, sowohl wenn er nach einer Seite hin sich bewegend k nere Gewichte angiebt, als auch nach der anderen gröfs jederzeit einen ganzen Kreis durchläuft, wodurch die Mess leichter und genauer wird.

Zu den Federwaagen kann auch diejenige gezählt werd welche Ritchie[2] auf das Princip gegründet hat, dafs la und dünne Glasfäden eine den drehenden Kräften ins Un stimmte proportionale Elasticität besitzen, denn er drehete ei solchen Glasfaden von 10 Fufs Länge wenigstens um 5(Grade, bis er ein einziges Grän zu heben vermochte. Die hi nach construirte Waage besteht aus einem sehr feinen Waa balken ab, bei welchem vor allen Dingen nur seine Leicht keit in Betrachtung kommt, doch soll er, nach der Angabe Erfinders, zugleich die erforderliche Mensur haben, um in b den Schalen zu wägen. Der Waagebalken ist über einer p pendiculär auf seine Längenaxe gerichteten feinen Messerschne kk befestigt, und hat am einen Ende eine Spitze, welche einer Scale seinen horizontalen Stand angiebt; die Mess schneide ruhet auf zwei kleinen Glasstäbchen c und c, wel auf den beiden Armen einer verticalen Stütze befestigt sind. dem einen Ende k in der Verlängerung der Schneide ist

Fig. 82.

1 Handbuch der Mechanik. Th. I. S. 216.

2 Philos. Trans. 1830. p. 215. Schweigger's Journ. Th. LXI. 336. Fechner's Repertorium Th. I. S. 7. Wiener Zeitschrift. Th. S. 214.

Digitized by Google

aus mehreren Fädchen ungezwirnter Seide verfertigter Faden angebunden, dessen anderes Ende an die Spirale s aus dünnem Messingdraht geknüpft wird, am andern Ende der Schneide ist ein Glasfaden von einer der Bestimmung angemessenen Dicke und Länge befestigt, dessen anderes Ende durch etwas Siegellack in einem kleinen hölzernen Cylinder feststeckt, welcher im Centrum der Scheibe d mittelst eines Knöpfchens e um seine Längenaxe gedrehet werden kann. Die Scheibe hat am Rande eine Theilung, und auf dem Ende des hölzernen Cylinders steht ein Zeiger, welcher angiebt, um wie viele Grade der Glasfaden gedrehet wird. Die Methoden, welche Ritchie angiebt, um vermittelst dieser Waage zu wiegen, scheinen mir viel künstlicher, als dieses nöthig ist, und ich glaube vielmehr, dafs man sehr bequem auf folgende Weise verfahren könne, da eine solche Waage doch nur zum Wägen kleiner Lasten bestimmt seyn kann, und als erwiesen vorausgesetzt wird, dafs die Elasticität des Glasfadens den ihn drehenden Lasten proportional ist, mithin die Grade seiner Drehung die diesen proportionalen Gewichttheilchen angeben. Diesem gemäfs wird der mit der Theilung versehene Ring so eingerichtet, dafs er sich um die geometrische Axe des Glasfadens drehen und dadurch so stellen läfst, dafs der Zeiger beim Zustande des Gleichgewichts der unbelasteten Waage auf 0 zeigt. Wird dann die eine Waagschale mit einer geringen Last beschwert, so sinkt sie herab, man drehet dann den kleinen Cylinder an seinem Knopfe und somit zugleich den in ihm steckenden Glasfaden und den Zeiger nach der entgegengesetzten Seite so lange, bis die Waage wieder zum Gleichgewichte gekommen ist, und erhält aus dem von der Zeigerspitze durchlaufenen Bogen die Gröfse des Gewichtes. Betrügen z. B. für ein Centigramm die durchlaufenen Grade 500, so kämen auf ein Milligramm 50, und eine bewirkte Drehung von 20 Graden würde ein Gewicht von $\frac{20}{50}$ oder $\frac{2}{5}$ Milligramm anzeigen. Bei dem Abwägen von gröfseren Lasten könnten die Drehungen blofs zur Auffindung der kleinen Gewichttheilchen benutzt werden. Wäre z. B. ein Körper vermittelst Gewichtstücken bis so weit abgewogen, dafs durch Zulegen eines Milligramms die Gewichtstücke das Uebergewicht hätten, nach der Wegnahme desselben aber der gewogene Körper herabsänke, der Unterschied also nur einen gewissen Theil eines Milligramms betrüge, so müfste das Gleich-

Digitized by Google

gewicht durch Drehung des Fadens hergestellt werden, und vom Zeiger durchlaufenen Grade gäben dann die Bruchtl des Milligrammes an. Würde z. B. nach der obigen Best mung eine Drehung von 10 Graden erfordert, um das d Wegnahme des Milligramms aufgehobene Gleichgewicht wi herzustellen, so würde dieses anzeigen, dafs der gewo Körper n + $\frac{1}{10}$ oder n + $\frac{1}{5}$ Milligramm wöge. Ritchie g sachgemäfs an, dafs man Glasfäden von verschiedener St in Anwendung bringen könne, auch ist es zweckmäfsig, die W zur Vermeidung des Luftzuges in einen Kasten zu set aus welchem der oft lange Glasfaden herausstehn kann.

Endlich läfst sich in gewisser Beziehung an die Fe waagen noch diejenige anreihen, welche, vielleicht mehr zu Krämerwaagen gehörig, nach einer eigenthümlichen Construc von W. Weber in Vorschlag gebracht und mir durch Ansicht einiger bereits verfertigter Exemplare bekannt gewo ist[1]. Der Waagebalken besteht aus einem länglich vierkanti Rahmen, dessen beide längere Seiten in ihrer Mitte durch ei Querbalken verbunden sind; letzterer aber hängt an zwei U federn bei gleichem Gewichte seiner beiden Hälften und von der Mitte der kürzern Seiten herabhängenden Schalen rizontal, welcher Stand durch einen Zeiger an einem gethei Bogenstücke angezeigt wird. Eine in die eine Waagschale legte Last drückt diese hinab, bis durch das in die an gelegte Gegengewicht der horizontale Stand wieder herbei führt wird, und das Wägen mit ihr geschieht daher auf d selbe Weise als bei der Krämerwaage. Zur allgemeinen Ken nifs der Sache wird diese kurze Andeutung hier genügen.

e) Senkwaagen.

Das hydrostatische Gesetz, nach welchem jeder in e Flüssigkeit eingetauchte Körper so viel Widerstand findet, das Volumen der durch ihn verdrängten Flüssigkeit betr verbunden mit der Erfahrung der höchst geringen, hierbei s findenden Reibung, hat sicher häufig die Idee hervorgeruf hierauf die Construction von Waagen zu gründen; als wirkl ausgeführt sind mir jedoch nur wenige Vorschläge beka

1 Vergl. Göttingische gel. Anz. 1837. S. 218.

Digitized by Google

geworden, die ich hier kurz angebe, weil eine nähere Prüfung die nicht genügende Zweckmäfsigkeit derselben darthun wird. Nach Champion[1] soll in ein hohles cylindrisches Gefäfs ein anderer Cylinder gesenkt werden, so dafs zwischen beiden nur ein Spielraum von $\frac{1}{4}$ bis höchstens 2 Linien bleibt. Wird dann in das Gefäfs die erforderliche, nicht eben grofse Menge Quecksilber gegossen, so treibt dieses, indem es selbst in dem Zwischenraume in die Höhe steigt, den innern Cylinder mit einer Kraft empor, welche dem Gewichte einer Quecksilbersäule von der Basis dieses Cylinders und der Höhe, bis zu welcher es hineingetrieben wird, gleich ist. Es läfst sich dann leicht eine Vorrichtung herstellen, z. B. ein Kreuz mit überstehenden Enden auf der obern Fläche des eingesenkten Cylinders befestigt, von welchen vier Seile herabhängen, die eine Waagschale halten, damit die zu wägenden Lasten den Cylinder in der Flüssigkeit niederdrücken. Ein angebrachter Zeiger dreht sich bei tieferem Einsenken vor einer getheilten Scale, und zeigt auf dieser nach vorher gemachter empirischer Bestimmung die zum tiefern Herabdrücken erforderlichen Gewichte, so dafs man bei nachherigen Wägungen blofs die Scalentheile, die der Zeiger angibt, abzulesen hat, um die Gewichte der gewogenen Lasten zu bestimmen. Weit mehr zusammengesetzt ist eine andere sogenannte hydraulische Waage, worauf Medhurst ein Patent erhalten hat[2]. Diese besteht der Hauptsache nach aus einem cylindrischen, mit Wasser gefüllten Gefäfse, in welches ein kleineres, oben luftdicht verschlossenes, unten offenes, so eingesenkt, dafs beim tiefern Hinabsinken die Luft in ihm verdichtet wird. Das Wasser im ersten Gefäfse steht mit dem in zwei andern Cylindern in Verbindung, in welches zwei massive Cylinder eintauchen, deren Gröfse zu der des hohlen Cylinders in einem solchen Verhältnisse genommen wird, dafs der Wasserstand in allen drei Behältern stets gleich bleibt, weil in das hohle Gefäfs durch Compression der darin befindlichen Luft so viel Wasser eindringt, als die beiden herabgedrückten Cylinder verdrängen. Aus hydrostatischen Gesetzen ergiebt sich dann von selbst, dafs die drei Cylinder den sie tiefer

1 Aus Annales des Arts et Manufactures und Journal für Fabriken Oct. 1805. S. 300. in G. XXX. 389.

2 Aus Repertory of Inventions in Dingler's polytechnischem Journ. Th. XXV. S. 218.

Digitized by Google

hinabdrückenden Lasten einen zunehmenden Widerstand gegensetzen, so dafs die Gewichte der aufgelegten Körper der Tiefe des Einsinkens erkannt werden; die geeigneten richtungen aber, um mittelst eines solchen Apparates zu wä lassen sich leicht auffinden.

Die erste dieser beiden Waagen unterliegt dem gro Uebelstande, dafs das Quecksilber die eisernen Cylinder bald zum starken Rosten bringt, sie dadurch verdirbt, s aber in einem hohen Grade verunreinigt wird und sich an die Wandungen hängt, wodurch die Waage sehr unric werden mufs. Dieser Mangel ist so bedeutend, dafs ich l nach die ganze Idee für praktisch unausführbar halte, wen nicht möglich ist, hölzerne, mit Firnifs überzogene, zugl aber gegen das Reifsen und Schwinden gesicherte, Cylinde verwenden. Beide Apparate unterliegen dem Mangel, dafs Flüssigkeiten sich durch Wärme stark ausdehnen, wodurch Wägungen unrichtig werden; aufserdem aber sind feine W gungen damit unmöglich, weil diese sehr dünne eintauch Cylinder erfordern, die dann für zunehmende Gewichte zu seyn müfsten, dicke und kurze eintauchende Cylinder verdr gen aber eine zu grofse Masse von Flüssigkeit, als dafs nur annähernde Feinheit der Wägung damit möglich sollte. Hiernach bleibt die für einen einzigen Zweck, näm die Auffindung des specifischen Gewichts der Flüssigkei bestimmte Senkwaage von Tralles[1] allein brauchbar; alle dere Vorschläge sind aber zu verwerfen, und es wird schw lich überhaupt erreichbar seyn, auf eine andere Weise, als d letztere, zu einer den Forderungen genügenden Waage zu gelang

Ungleich leichter, ja überhaupt ohne Schwierigkeit a führbar ist dagegen eine in der That sogar zweckmäfsige Wa

---

1 S. Art. *Aräometer.* Bd. I. S. 388. Solcher Waagen hat auch Hassler bei der Regulirung der nordamericanischen Mafse Gewichte bedient und bei gröfseren Lasten den Schwimmer auch Quecksilber gesenkt. Da ihre Feinheit der Gröfse des eingetauch Körpers und der Dünnheit seines Stieles proportional ist, so gestat sie einen sehr hohen Grad der Genauigkeit und durch das erwäh Princip der *doppelten Wägung* (indem man den zu wägenden Kör auf die Waagschale legt und ihn dann mit Gewichtstücken vertaus allgemeine Anwendung; aufserdem aber sind sie sehr wohlfeil, ha nur eine verschwindend geringe Reibung, und vereinigen somit mehr nicht geringe Vorzüge.

Digitized by Google

welche auf das Princip des gleich hohen Standes der Flüssigkeiten in communicirenden Röhren gegründet, durch v. Hornen[1] angegeben, geprüft und brauchbar gefunden wurde. Sie besteht aus einem Cylinder A, welcher oben etwas ausgehöhlt und mit einem Stücke starken Bocksleders von einem Beutel, worin das Quecksilber versandt zu werden pflegt, bauchig überbunden ist. In den Cylinder war die doppelt rechtwinkelig umgebogene, ungefähr zwei Linien weite[2] Glasröhre D′D′ eingekittet, durch welche der lederne Sack mit Quecksilber gefüllt wurde. Aus der Zeichnung ergiebt sich dann von selbst das Fussbret N, auf welchem der Cylinder ruht, die aufstehende Leiste, um das verticale Ende der Glasröhre und eine geeignete Scale daran zu befestigen, ferner die Leisten s r und das Bret B, auf welches die zu wägenden Lasten gelegt werden. Diese drücken gegen das Quecksilber in dem aufgetriebenen Beutel und machen es in der Röhre aufsteigen, wobei aus der Höhe und dem Durchmesser des Cylinders das aufgelegte Gewicht bestimmbar wird. Bei dem beschriebenen Exemplare hielt der Cylinder ungefähr 1,5 Zoll im Durchmesser und das Quecksilber stieg dann durch 1 Pfund Gewicht um einen Zoll. Der Einfluss der Wärme auf das Quecksilber ist unbedeutend, weit aber dürfte der der Feuchtigkeit auf das Leder seyn, doch liefse sich diesem zum Theil begegnen, wenn man die Scale verschiebbar machte, damit das Quecksilber in der Röhre bei unbelasteter Waage stets auf 0 einstände. Der eigentliche Vortheil liegt indefs wohl minder in der Feinheit und Genauigkeit, als in der Bequemlichkeit und Einfachheit dieser Vorrichtung; auch scheint es mir eine nicht unwesentliche Verbesserung zu seyn, wenn man statt des Leders, welches das Quecksilber bei starkem Drucke leicht durchläfst, Federharz zum Ueberbinden des Cylinders wählte. Fig. 33.

f) Waagen von eigenthümlicher Construction.

Verschiedene Apparate, die gleichfalls Waagen genannt werden, sind bereits beschrieben worden, z. B. die *Aräometer* und die

---

1 G. *LXVIII. 102.*

2 Besser würde es seyn, sie nur eine oder höchstens 1,5 Lin. weit zu nehmen.

Digitized by Google

hydrostatischen Waagen[1], wie nicht minder die *Drehwa* von Coulomb nebst ihren verschiedenen Modificationen bleibt uns daher nur noch übrig, die Waagen von eigenth licher Construction, bei denen die bisher erörterten Prin nicht in Anwendung kommen, kurz anzugeben. Es ist indefs nur eine bekannt geworden, die Erwähnung verd nämlich die durch Huber[3] vorgeschlagene und von ihm lance tangentigrade genannte. Denken wir uns ein
Fig. 34. stell abde und an diesem einen Faden von möglichst geri Gewichte in f befestigt, dann über eine Rolle r gezogen wird dieser zwischen dem Anfangspuncte f und der Ro durch ein beliebiges Gewicht P in eine gerade Linie gesp jedes in p angehängte Gewicht mufs ihn aber herabziehen, zwar zu einer der Gröfse des letzteren proportionalen T so dafs man aus der Tiefe des Fadens die ihn herabzieh Last ermessen kann, wozu die angebrachte Scale dient, deren Theil der Punct c des Fadens hinweiset. Alle son Mängel einer solchen Waage nicht gerechnet giebt schon Reibung der Rolle, wenn auch möglichst vermindert, ein deutendes Hindernifs ab.

Weit zweckmäfsiger ist dagegen die Construction ähnlichen, von W. Weber[4] in Vorschlag gebrachten *Kettenwaage* genannten Apparates. Wird nämlich ein hie mer Faden mit seinen zwei Enden an festen Puncten befe so bildet der herabhängende Theil die bekannte Ketten (*catenaria*). Werden aber in beliebigen Entfernungen jenen festen Puncten Fäden mit herabhängenden Gewic angeknüpft, so geht die Form der drei hierdurch gebild Theile der Kettenlinie in gerade Linien über, deren gegen
Fig. 35. tige Lage durch das Verhältnifs der herabziehenden Gewi bedingt wird. Sind demnach die beiden festen Puncte C C′, die Gewichte P und P′, ist ferner CA von gleicher L mit CB und liegen C und C′ in einer horizontalen Ebene wird auch AB für P = P′ eine horizontale Lage erhalten

---

1 S. Art. *Araeometer*. Bd. I. S. 849. Vergl. *Gewicht*. Bd. S. 1516.

2 S. Art. *Drehwaage*. Bd. II. S. 591.

3 Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. Nat. de Genève T. 7. p. 93.

4 Gött. gel. Anzeigen. 1837. S. 211.

Digitized by Google

der Winkel A dem Winkel B gleich seyn; ein Unterschied der Gröfsen P und P′ mufs aber eine verhältnifsmäfsige Abweichung der Linie AB von der horizontalen Lage und eine Ungleichheit der Winkel A und B zur Folge haben, so dafs sich durch die letzteren Gröfsen die ersteren messen lassen. Die weitere Untersuchung ergiebt jedoch, dafs auf diesem Wege diejenige Feinheit nicht erreicht wird, welche den Krämerwaagen eigen ist, und wollte man nach dem Vorschlage des Erfinders noch einen dritten Radius anbringen und die dadurch vergröfserte Veränderung des Winkels in einem Spiegel vermittelst eines Fernrohrs ablesen, so dürfte der Apparat dadurch zu complicirt werden.

Gegen das Ende des vorletzten Jahrhunderts, während der vielen Versuche zur Begründung des Gesetzes des Hebels, machte Roberval[1] einen Apparat bekannt, welcher nach ihm *Wage des Roberval* (*Vectis Robervalli;* Balance de Roberval; *Roberval's Balance*) genannt worden ist. Die zu einem Parallelogramm vereinigten vier Stäbe ABCD sind an ihren vier Enden vermittelst hölzerner Nägel so verbunden, dafs sie sich um diese Zapfen leicht bewegen lassen, zugleich sind die beiden Lagen zwischen den beiden Theilen der Säule GH um die in ihrer Mitte E und F durchgesteckten Zapfen drehbar. Zwei in P und Q unbeweglich befestigte Querstangen IM und NO dienen dazu, die beiden gleichen Gewichte K und L aufzunehmen, und die Waage ist stets im Gleichgewichte, an was für einer Stelle der Querleisten diese Gewichte auch hängen mögen. Das anscheinend Paradoxe bei diesem Apparate liegt blofs darin, dafs man den Unterstützungspunct der Hebelarme in der Säule GH liegend annimmt und zugleich die Entfernung der Angriffspuncte beider Lasten in M und O als ungleich entfernt von den Unterstützungspuncten in E und F betrachtet, da vielmehr wegen der Unbeweglichkeit der Querstangen die Angriffspuncte der Lasten, wo sie auch an den Querstangen angebracht seyn mögen, stets in P und Q, also in gleicher Entfernung von den Unterstützungspuncten, liegen. Auf diese Weise wurde dieses Problem sofort erklärt[2], Bris- Fig. 36.

---

1 *Journal des Sçav.* éd. Amst. 1670. Leupold Theatrum staticum universale p. 59. Tab. XVII. fig. 2 u. 3.

2 *Mém. de l'Académie.* T. X. p. 343.

Digitized by Google

son[1] aber zeigte ausführlich nach dem von Cartesius au
stellten allgemeinen Gesetze des Hebels, dafs alle Theile
Querbalken bei der Bewegung gleiche Räume durchlaufen,
hin sich als gleich lange Hebelarme verhalten, da die von
gleich langen Hebelarmen durchlaufenen Räume ihren Lä
direct proportional sind. Später hat Hofmann[2] abermals
Erklärung dieses Problems unternommen, was Langsdorfi
eine gröfsere Mühe erklärte, als die Sache verdiene, inzwis
hat auch Gregory[3] dasselbe einer speciellen Erörterung w
erachtet, wobei er den Apparat zugleich für eine Erfindung
Désaguliers[4] ausgiebt.

M.

Wärme.

Wärmestoff, Feuer; *Calor*; Calori
Chaleur, Feu; *Heat.*

1) Wärme nennen wir die physische Ursache einer
chen Beschaffenheit der Körper, vermöge welcher sie in u
rem Körper eine gewisse Empfindung erzeugen, wonach
warm heifsen, oder thermoskopische Körper so afficiren,
wir auf ihre Anwesenheit daraus schliefsen und zuweilen
Intensität danach bestimmen. Erreicht die Wärme einen h
Grad, so nennen wir sie *Hitze,* und betrachten sie als
Ursache desjenigen Zustandes der Körper, nach welchem
dieselben *heifs* nennen. Ist sie in den Körpern in geri
Intensität vorhanden, so nennen wir dieselben *kalt*, und
zeichnen die physische Ursache dieses Zustandes durch
Ausdruck *Kälte (Frigus;* Froid; *Coldness*). Eine we
Bestimmung sonstiger in dieser Beziehung üblicher Beze
nungen würde überflüssig seyn, da sie als hinreichend bek
gelten können. Dagegen kommt eine andere Frage seh
Betrachtung, nämlich ob alle die Erscheinungen, die wir d

---

1 Dictionn. rais. de Phys. Art. Levier.

2 Roberval's Waage von Hofmann. 1816. 23 S. 4.

3 Darstellung der mechanischen Wissenschaften. Uebers.
Dietlein. Halle 1824. 8. S. 90.

4 Philos. Trans. N. 419. New Abridgement. T. VI. p. 542.

Digitized by Google

die Ausdrücke Wärme, Hitze, Kälte u. s. w. bezeichnen, nur von einer und der nämlichen Ursache, der Wärme, herrühren, sofern diese vermehrt bis zu den höchsten Graden der Hitze zunehmen, dagegen vermindert bis zu den tiefsten Graden der Kälte abnehmen müfste, oder ob es eine gewisse Grenze, einen gewissen Nullpunct giebt, über welchem Wärme und unter welchem Kälte, beide einander entgegengesetzt und bei ihrer gehörigen Vereinigung sich zu Null ausgleichend, anzunehmen seyen[1]. Allerdings pflegt man den Nullpunct der Thermometer als eine solche Grenze zu betrachten, und der Ausdruck: *Grade der Wärme* und *Grade der Kälte*, dessen sich Manche bedienen, ja selbst die mehr wissenschaftliche Bezeichnung von + Graden und — Graden der Thermometer deutet auf einen Uebergang der Wärme zur Kälte, oder mindestens auf ein Vorhandenseyn von Wärme und einen Uebergang vom gänzlichen Mangel derselben zu einer ihr entgegengesetzten Potenz; allein eine genauere Untersuchung der Sache zeigt bald, dafs es nur Wärme von verschiedener Intensität, und keine ihr entgegengesetzte und sie neutralisirende Kälte geben könne, wenngleich im Sprachgebrauch, das Vorhandenseyn weniger Wärme durch den Ausdruck Kälte zu bezeichnen, grofse Bequemlichkeit gewährt. Schon der gemeine Sprachgebrauch deutet darauf hin, dafs keine zwei entgegengesetzte, durch eine eigentliche Grenze geschiedene, Potenzen vorhanden sind, denn die Bestimmungen darüber sind nicht absolut, sondern relativ, sofern der Eine von Kälte redet, wo der Andere Wärme findet. Der Nullpunct der Thermometer aber ist eine durchaus willkürliche, für die stets gleichmäfsig zu erhaltende Temperatur des schmelzenden Schnees angenommene Bestimmung, die noch obendrein bei den verschiedenen Thermometerscalen ungleiche Werthe hat[2]. Endlich aber, und dieses Argument ist unwiderleglich, gewahren wir

---

1 Joh. Casp. Müller beweiset in einer eigenen Schrift: Dissert. med. de Frigore cet. Jen. 1698. 4., dafs es keine für sich bestehende Kälte gebe, sondern dafs alle Erscheinungen (deren Deutung übrigens nicht selten sehr gezwungen ist) aus der ungleichen Menge des vorhandenen Wärmestoffes erklärt werden können. Aus der gesammten Darstellung kann man ersehen, dafs mit Ausnahme des gemeinen Sprachgebrauches, worin unwissenschaftlich Wärme und Kälte unterschieden werden, die Physiker stets nur ein einziges Wesen, nämlich Wärme, annahmen.

2 Vergl. *Thermometer*. S. 882.

Digitized by Google

stets dem Wesen nach gleiche Erscheinungen, welche als W
kungen einer und derselben Potenz, die wir Wärme nenn
jedoch von sehr ungleicher Intensität, zu betrachten sind. Du
Vermehrung der Wärme schmilzt auf gleiche Weise das
starrte Quecksilber, als das feste Eisen, heifses Kupfer g
dem starren Blei Wärme ab und macht es flüssig, gerade
die nämliche Weise, als wie das letztere Metall Eis zur Fl
sigkeit bringt und Eis von seiner Wärme an das erstarrte Que
silber abgiebt, um dieses in den Zustand der Flüssigkeit
versetzen. Hierin und in allen andern uns bekannten Phä
menen ist es also stets eine und die nämliche Potenz, wel
sich uns als wirksam zeigt, ihre Wirkungen sind einander s
gleich, bis zu wie tiefen Graden der blofs unwissenschaft
so genannten Kälte wir auch herabgehen mögen, und es
nicht blofs kein Grund vorhanden, welcher uns anzunehm
berechtigte, dafs es bei noch gröfserer, aufser dem Berei
unserer Erfahrung liegender, Verminderung der Wärme an
seyn sollte, sondern es würde auch durchaus unwissenschaft
und den logischen Gesetzen des Denkens widerstreitend se
wenn man willkürlich irgend einen Punct festsetzen wollte,
das, was wir Wärme nennen, aufhören und eine ihr entgeg
gesetzte Potenz anfangen sollte, zu deren Annahme gar k
Grund vorhanden ist, da sich alle Erscheinungen einfach
einem Mehr und Minder der vorhandenen Wärme erklä
lassen.

A. Wesen der Wärme.

Es scheint zwar der Sache angemessen zu seyn, zu
die Thatsachen kennen zu lernen, das heifst, diejenigen E
scheinungen zu erörtern, bei denen sich die Wärme thä
zeigt oder die wir als Wirkungen derselben kennen, um
diesen auf das Wesen der zu untersuchenden Potenz zu schliefse
allein man hat es zweckmäfsiger gefunden, und der Verf
der Untersuchungen wird dieses rechtfertigen, zuerst aus allb
kannten, keiner nähern Prüfung bedürfenden, Thatsachen h
pothetisch zu bestimmen, wofür wir das, was wir Wärme ne
nen, zu halten haben, und demnächst dieser Hypothese die E
fahrungen anzupassen, um sie auf solche Weise gehörig zu begrü
den. Diese Methode wollen wir auch hier befolgen, und zue
untersuchen, was wir als die physische Ursache der Wärm

Digitized by Google

erscheinungen nach überwiegenden Wahrscheinlichkeitsgründen annehmen haben[1].

2) Nach ARISTOTELES und den ältern Philosophen überhaupt war die physische Ursache aller Wärmeerscheinungen das Feuer (*Elementarfeuer; Ignis elementaris, materia calorifica;* Feu élémentaire), ein Element, ein feines, ätherartiges Wesen, welches sich am meisten von der schweren körperlichen Masse entfernte. Die Scholastiker wollten daher aus seinen Ausdrücken folgern, er habe das Feuer blofs für eine Qualität, eine *qualitas occulta*, gehalten, was jedoch durch CASATUS[2] genügend widerlegt worden ist. Beim Wiedererwachen des Studiums der Natur war man geneigt, die Erscheinungen der Wärme von den Schwingungen der Körperelemente, eigentlicher wohl eines allgemein verbreiteten Aethers, abzuleiten. So ist nach BACO VON VERULAM[3] die Wärme nichts anders als eine Bewegung der kleinsten Theile der Körper, welche wellenförmig nach aufsen streben, und CARTESIUS[4] hält dieselbe für die Folge der Bewegung des ersten Elements oder der subtilen Materie. Selbst NEWTON[5] äufsert sich so, dafs er mindestens die Glühhitze für einen Zustand der Körper zu halten scheint, in welchem sie vermöge schwingender Bewegungen ihrer Theile Licht aussenden. Auch in andern Aeufserungen NEWTON's, namentlich über die Bildung und Verbreitung des Wasserdampfes, könnte man Grund finden zu schliefsen, dafs er das Feuer oder die Wärme für eine blofse Kraft der Abstofsung gehalten habe und ihr Wesen also auf Schwingungen zurückzuführen geneigt gewesen sey, wenn man aber aus der Hauptstelle, worin er seine Versuche über das Verhalten der Wärme im luftleeren Raume erzählt[6], zu schliefsen sich berechtigt glaubt, dafs er die Meinung BACO's getheilt habe, so kann ich dieses darin

---

1 Vergl. H. A. LORENZ chemisch-physicalische Untersuchung des Feuers. Kopenh. u. Leipz. 1789.

2 Dissert physica de Igne. Fr. et Leipz. 1688. p. 117.

3 De forma calidi. In dessen Opp. Amst. 1653. 12. oder Works. Lond. 1778. 5 Voll. 4.

4 Princip. Philos. L. IV. art. 29. §. 80.

5 Optice. ed. Clarke. Lond. 1706. 4. Q. 8; 9; 10. Corpora aliqua certum gradum calefacta emittunt lumen et splendent, eaque luminis emissio per motus vibrantes partium suarum efficitur.

6 Optice Lib. III. quaest. XVIII.

Digitized by Google

nicht finden, vielmehr redet er von einem feinen ätherisc
Fluidum, dünner als die Luft, welches durch seine Schwing
gen sich wirksam zeige. Athanasius Kircher[1] vers
schwerlich sich selbst, wenn er im groben Materialismus
Feuer ein dem Schwefel ähnliches Element nannte, und n
wohl begreiflich sind auch die Ansichten des Rob. Boy
wonach das Feuer eine ponderabele Materie seyn, die Ersc
nungen der Wärme aber auf Schwingungen der Körpertl
beruhn sollen. Dafs übrigens Newton eine Wärmema
angenommen habe, dürfen wir um so weniger bezweifeln,
auch sein Anhänger Christian Wolff[3] ausdrücklich sag
gebe eine eigene, überall in den Körpern verbreitete Mat
welche die Erscheinungen der Wärme hervorbringe, statt
Lomonosow[4] die gesammten Wärmephänomene aus einem *n*
gyratorio elementorum corporis ableitet, wobei er sich ve
bens bemüht, die Erzeugung der Kälte durch kaltmache
Mischungen mittelst künstlicher Hypothesen dieser Theorie
zupassen. Einige Gelehrte hielten das Feuer für ein Mit
ding zwischen Körper und Kraft, weil sie sich scheuten,
Materialität desselben anzunehmen, zugleich aber die Ersc
nungen aus blofsen Bewegungen abzuleiten nicht vermoch
Dieses ist der Fall bei van Helmont[5], schwerlich aber w
den die Anhänger der Bewegungstheorie das Argument
Abbé Nollet[6] genügend gefunden haben, dafs jede Beweg
in ihrem Fortgange abnehme, das Feuer aber zunehme, wie
nur an einer kleinen Stelle angezündeter Holzstofs zeige. Bo
haave[7] hat für seine Zeit, wo man die eigentliche Wärme
dem, was im Processe des Brennens bedingend wirkt, n
nicht zu scheiden vermochte, die Erscheinungen sehr gut a
gefafst und aus einem gewissen ätherischen Fluidum mit vie
Scharfsinn erklärt, und auch L. Euler[8], wie sehr er übrig

---

1 Mundus subterraneus. Amst. 1665. fol. T. I. lib. IV. sect
cap. 2.

2 Historia experimentalis de frigore. Lond. 1665. New exp
ments and observations touching cold. Works T. II. p. 228.

3 Nützliche Versuche. Th. II. Cap. IX. §. 206.

4 Nov. Comm. Petrop. T. I. p. 206.

5 Opera omn. Frf. 1707. 4. p. 120. §. 24.

6 Leçons de Phys. Leç. XIII. sect. 1.

7 De igne. In Elem. Chem. T. I. p. 116.

8 Diss. de Igne. In Recueil des pièces qui ont remporté le prix. 17

Digitized by Google

Anhänger der Cartesischen Schule war, nahm zur Erklärung der Wärmeerscheinungen einen eigenen ätherischen Stoff an. Unter den bedeutenden Autoritäten, deren Ansichten auf die herrschenden Meinungen ihrer Zeit einen entscheidenden Einfluss ausübten, muss vorzugsweise Peter van Musschenbroek[1] genannt werden, welcher sich ganz unzweideutig für einen materiellen Wärmestoff ausspricht. Später äufsert sich dieser Gelehrte auch deutlicher, indem er die Gewichtszunahme verbrannter Metalle als eine Folge des Zutritts der Wärme betrachtet, die hiernach nicht blofs materiell, sondern zugleich schwer seyn müfste[2]. Indem sich also die angesehensten Gelehrten der damaligen Zeit, als Boerhave, Nollet, L. Euler, Chr. Wolff und Pet. v. Musschenbroek, für einen materiellen Wärmestoff, eine sogenannte Feuermaterie, erklärten, so können wir hieraus schliefsen, dafs diese Ansicht die damals allgemein herrschende war, wozu sich auch die übrigen bekannten, wenngleich ihre Aeufserungen hierüber minder deutlich und bestimmt sind. Dahin gehören namentlich Joh. Heinr. Winkler[3], Gabriel Martine[4], Wolfg. Kraft[5], Benj. Franklin[6], Joh. Gabr. Bikker[7], Wilh. Hillary[8], R. L. de Herbert[9] und Andere, welche insgesammt später wegen ihrer specielleren Untersuchungen noch erwähnt zu werden verdienen.

3) Die Frage, ob die Ursache der Wärmephänomene eine materielle Substanz sey, oder blofs auf Bewegungen der Bestandtheile der Körper beruhe, war für die Gelehrten des vorigen Jahrhunderts keineswegs so einfach, als gegenwärtig die Ansicht über das Wesen des Lichts ist, oder als jene selbst

---

1 Epitome elementorum physico-mathematicorum. L. Bat. 1726. p. 227. Erga ignis constat ex partibus subtilissimis, quae poros omnium solidorum intrare et penetrare possunt.

2 Introductio. T. II. 1578. p. 632.

3 Dissert. de caussis frigoris et glaciei. Lips. 1737. 4.

4 Medical and philosophical Essays. Lond. 1740. Essais sur la construction et comparaison des thermomètres cet. trad. de l'ang. Par. 1751.

5 Comm. Petrop. T. XIV. p. 218.

6 Phil. Works. 5th ed. p. 351.

7 Dissert. de igne. Ultraj. 1756. 4.

8 The nature and laws of fire. Lond. 1760. 8.

9 Dissertatio de Igne. Vienn. 1773. 8. Vergl. An Inquiry into the effects of Heat. Lond. 1770. 8.

Digitized by Google

sich in späteren Zeiten gestaltet hat, vielmehr wurde sie
schwieriger und in einem hohen Grade verwirrt durch die E
führung des ebenso dunkeln als unbestimmten Phlogist
Nach der Mitte des vorletzten Jahrhunderts leitete Joh. Jo
Becher[1] die Erscheinungen des Feuers von einem eige
Grundstoffe, einer entzündlichen Erde, ab, und seine Nach
ger, namentlich die Chemiker, blieben bei diesem unklaren
griffe stehen, bis im Anfange des vorigen Jahrhunderts Ge
Ernst Stahl[2] darzuthun sich bemühte, dafs es ein eig
thümliches, an eine zarte Erde gebundenes Feuer gebe, wel
er *Phlogiston*, *Brennstoff*, nannte. Dieses Phlogiston s
nach seiner Ansicht an einige, der Verbrennung fähige K
per gebunden seyn und das Verbrennen derselben daher
einem Freiwerden dieses Stoffes beruhn, anderen Körpern s
es dagegen fehlen, weswegen diese unverbrennlich seyn m
ten. Es ist nicht der Mühe werth, den Gang der Unte
chungen zu verfolgen, die man auf die nähere Kenntnifs di
hypothetisch angenommenen und zugleich für so höchst wi
tig gehaltenen Stoffes verwandte, vielmehr genügt es blofs
Allgemeinen zu bemerken, dafs sich das Ansehen dessel
erhielt, bis Lavoisier[3] die Nichtigkeit aller zu seiner Un
stützung aufgestellter Argumente nachwies und die hier
benannte *antiphlogistische Chemie* gründete. Zwar bemi
sich F. A. C. Gren[4] zuletzt noch, die Existenz des Phlo
stons, welches nach ihm aus einer Vereinigung von gebunde
Wärme und Licht bestehen sollte, dadurch zu retten, daf
demselben eine *negative Schwere* beilegte, um zu erkären, w
um verbrannte, also ihres Phlogistons beraubte, Körper
Vermehrung ihres Gewichtes erhielten, allein diese ungenüge
Hypothese wurde sehr bald durch J. T. Mayer widerle
Während des lange dauernden Streites über das Wesen
Phlogistons und dessen Verhältnifs zum Feuer, letzteres

---

1 Oedipus Chemicus. Frcf. 1664.

2 Zufällige Gedanken und nützliche Bedenken über den St
von dem sogenannten *Sulphure*. Halle 1718. 8. Experimenta obs
animad. CCC. Berol. 1731. 8.

3 Mém. de l'Acad. 1777. Traité élém. de Chimie. Par. 1789.

4 System. Handbuch der ges. Chemie. Halle 1787. 8. Grund
der Naturlehre. Halle 1788. 8. §. 749 ff.

5 Vergl. *Schwere*. Bd. VIII. S. 637.

Digitized by Google

sache aller Wärmeerscheinungen betrachtet, war es kaum glich, zu genauen Bestimmungen über das Wesen der Wärme gelangen, und es ist daher gegenwärtig sehr schwer, aus den eserungen der damaligen Gelehrten zu entnehmen, ob sie s Phlogiston als feine ätherische Substanz für die Wärme lbst oder nur für einen Träger derselben hielten. Zum Glück r diese Frage blofs historisches Interesse und es genügt da- vollständig, sie nur aus diesem Gesichtspuncte im Allge- einen zu betrachten. Ein grofses Ansehn erhielt die von LAVOISIER[1] aufgestellte Hypothese, wonach die Lichtmaterie gleich die Grundlage der Wärme ist, nachdem sie sich mit m Phlogiston verbunden hat und dann als eigenthümlicher herischer Stoff, Feuer genannt, die Eigenschaft der Repulsion Streben nach Ausdehnung und Flüssigkeit beibehält, wäh- end die an die Körper gebundene Wärme durch Erschütterung nd Bewegung der kleinsten Theile frei wird. Als eine Ver- indung von Licht und einem feinen Stoffe, entweder dem hlogiston selbst oder einer Grundlage desselben, so dafs letz- es erst aus der vorausgegangenen Verbindung hervorging, rachteten POTT[2] und WALLERIUS[3] das Feuer, WEIGEL[4] nd BAUMÉ[5] dagegen hielten das Feuer für das urspriingliche Element, welches nach ihnen die Erscheinungen des Lichts und der Wärme erzeugen sollte, statt dafs JOH. FR. MEYER[6], so weit sich in seine hochtrabenden und verworrenen Aeufserun- gen ein Sinn bringen läfst, dasselbe für eine Zusammensetzung von Licht, fetter Säure, Erde und Wasser erklärte. C. W. SCHEELE[7] glaubte im Lichte ein Wesen gefunden zu haben, welches das Brennen und überhaupt Wärmeerscheinungen her- vorbringt, weswegen er dasselbe nicht für einfach halten, son-

---

1 Dictionnaire de Chymie, contenant la théorie et la pratique de cette science. Paris 1766. 3 T. 12. sec. éd. 4 T. 8. Uebers. von LEONHARDI. Leipz. 1781 bis 1783. 6 T. 8. Neue Aufl. 1788 bis 1793. 7 T. 8.

2 Lithogeognosie. Th. I. S. 66.

3 De materiali differentia luminis et ignis. Lips. 1780.

4 Grundrifs der reinen und angewandten Chemie. Greifsw. 1777. 8.

5 Erläuterte Experimentalchemie. Bd. I. S. 132.

6 Chymische Versuche zur näheren Kenntnifs des ungelöschten Kalchs. Hann. u. Leipz. 1764. 8.

7 Chemische Abhandl. von d. Luft und dem Feuer. Ups. u. Leipz. 1777. 8.

Digitized by Google

dern vielmehr als eine Verbindung mit einem elementaren Br
baren betrachten wollte. Wie grofses Aufsehen auch Lav
sier's[1] classische Arbeiten erregten, welcher die Nichtexis
des Phlogistons aus entscheidenden Versuchen folgerte, dag
einen eigenthümlichen Stoff als Grundlage aller Erscheinu
der Wärme und des Lichts annahm, so blieb es doch
geraume Zeit unmöglich, die eingewurzelten Vorurtheile
das einmal eingeführte Phlogiston gänzlich zu beseitigen.
zwischen erklärte sich Büffon[2] bestimmt gegen die Exis
des Phlogistons und nahm statt dessen einen eigenen Wär
stoff an, wie Marat[3], welcher aus einer grofsen R
mühvoller Versuche folgerte, dafs die von ihm so gena
Feuermaterie oder feurige Flüssigkeit (fluide igné), die
sehr durchsichtigen, zarten, schweren, höchst beweglic
äufserst harten und kugelförmigen Theilchen bestehn sc
welche in den Körpern durch ihre Bewegung die Erschein
gen der Wärme und Flamme erzeugten, von dem Lichte, dem Pl
giston und der Elektricität wesentlich verschieden sey.
übrigen Folgerungen, welche er hinsichtlich der Wär
theorie aus seinen Beobachtungen ableitet, sind ganz unhal
Ungleich gehaltreicher und werthvoller sind die Leistu
Crawford's[4] im Gebiete der Wärmelehre, wobei er die d
Wilke, Black und Irwin angestellten Beobachtungen
nutzte. Sofern aber hier blofs seine Ansichten über das W
sen der Wärme in Betrachtung kommen, mufs es auffal
dafs er, ungeachtet seiner schätzbaren Versuche, dennoch
Existenz des Phlogistons annahm, nur sollte dieses ein eig
thümlicher Stoff und dem Feuerstoffe entgegengesetzt s
so dafs die Anwesenheit des erstern in den Körpern die A
nahme des letztern hinderte. Allmälig wurde der Streit n

---

1 Mém. sur la combustion. In Mém. de Par. 1777.

2 Supplém. de l'Hist. Nat. ed. 12. T. II. p. 61.

3 Découverte sur le Feu, l'électricité et la lumière. Par. 1
8. Uebers. von Weigel. Leipz. 1783. Recherches sur le feu. Par. 1

4 Experiments and observations on animal heat and the infl
mation of combustible bodies. Lond. 1779. 8. A. Crawford's V
u. Beob. über die thier. Wärme und die Entzündung brennbarer K
per mit W. Morgan's Erinnerungen gegen d. Theorie d. Herrn
Leipz. 1785. 8. Vergl. Lichtenberg in Erxleben's Anfangsgr. §.
Karsten's Anleitung zur gemeinnützigen Kenntnifs d. Natur. H
1783. 8.

Digitized by Google

wohl über das eigentliche Wesen des Feuers, sofern es die Grundursache aller Wärmeerscheinungen seyn sollte, als vielmehr über die Existenz des Phlogistons und die Richtigkeit des antiphlogistischen Systems geführt. Hierhin gehören unter andern die Untersuchungen von KIRWAN[1] nebst den Einwendungen, die den daraus abgeleiteten Folgerungen von den französischen Gelehrten entgegengesetzt wurden[2], die von SCHERER[3] und andern, so wie von GIRTANNER[4], welcher in Deutschland zuerst als entschiedenster Gegner des Phlogistons und als Anhänger des in Frankreich mit grofsem Beifall aufgenommenen antiphlogistischen Systems auftrat. Einer der beharrlichsten Gegner dieses letztern war J. A. DE LUC[5], welcher bis zu seinem Ende dasselbe durch die Phänomene der Wasserbildung in der Atmosphäre zu widerlegen hoffte. Aufserdem stellte derselbe eine neue Theorie über das Wesen und die Wirkungen des Feuers oder der Wärme auf, die er mit mehr Weitschweifigkeit als Gründlichkeit auf die verschiedenen Erscheinungen anwandte[6]. Im Allgemeinen unterscheidet er Dünste und Luftarten, welche beide aus einem fortleitenden Fluidum (fluide déférent) und einer ponderabelen Grundlage (substance purement grave) bestehn sollen, mit dem Unter-

---

1 Physisch-chemische Schriften. A. d. Engl. von L. CRELL. Bd. I. St. I. u. II. Berl. u. Stett. 1785.

2 Essay sur le Phlogistique, traduit de l'Anglais de M. KIRWAN avec des notes de MM. de MORVEAU, LAVOISIER et DE LA PLACE etc. Par. 1788. Antiphlogistische Anmerkungen des Herrn de MORVEAU u. s. w., nebst KIRWAN's Replik und der Duplik der franz. Chemiker. A. d. Fr. u. Engl. von Dr. FR. WOLFF. Berl. 1791. 8.

3 Scrutinium hypotheseos principii inflammabilis. In JACQUIN Collect. T. IV. J. A. SCHERER genaue Prüfung der Hypothese vom Brennstoff. A. d. Lat. von K. BRETFELD. Prag 1793. 8.

4 Anfangsgründe der antiphlogistischen Chemie. Berl. 1792. 8. S. 462.

5 Gren's Journ. der Physik. Th. VII. S. 105. Journ. de Phys. T. XXXVII. p. 52.

6 Neue Ideen über die Meteorologie. Berl. u. Stett. 1787. 8. Th. I. §. 115 ff. Diese und die übrigen älteren Theorieen findet man zusammengestellt in: LAMPADIUS kurze Darstellung der vorzüglichsten Theorieen des Feuers u. s. w. Gött. 1793. 8. Ursprünglich findet sich diese Theorie schon in: DE LUC Lettres sur l'histoire de la terre et de l'homme. *T. V. p. 561.* Mit Bemerkungen von PICTET in Leipz. Samml. *Th. II. S. 643.*

schiede, dafs die Dünste durch blofsen Druck eine Tre
dieser beiden Bestandtheile erleiden, die Luftarten aber auf
weit innigern Verbindung derselben beruhn und daher vie
ständiger sind, weswegen sich bei den Dünsten das fo
tende Fluidum von selbst frei macht, um sein Gleichge
wieder herzustellen, dagegen aber der schweren Grundlage
ausdehnende Kraft giebt, vorzüglich wenn es in gröfserer M
darin vorhanden ist. Beim Feuer ist die fortleitende Fl
keit das Licht, die ponderabele Substanz eine gewisse F
materie, welche jedoch für sich allein nicht darstellbar un
her ganz unbekannt ist. Durch die Verbindung mit der F
materie verliert das Licht seine Kraft zu leuchten, ge
dagegen eine andere, nämlich zu wärmen. Ueberschreit
Feuer eine gewisse Dichtigkeit, so trennt sich die Lichtm
von selbst und es erfolgt das Glühen, welches bis zum W
glühen zunimmt, wobei alles Licht von dem zweiten Bes
theile getrennt wird. Die Sonnenstrahlen sind demnach
an sich warm, sondern sie erhalten diese Eigenschaft
durch ihre Verbindung mit der in den Körpern enthaltenen F
materie[1].

4) Unter die gewiegtesten Gegner der antiphlogistischen Cl
gehört vorzugsweise Dr. Richter[2]. Dieser setzte den aufgest
Argumenten entgegen, dafs sie nicht unmittelbar aus den Erfal
gen entnommen, sondern aus Folgerungen abgeleitet seyen
denen die Erfahrungen nicht berechtigten. Wenn das Verl
nen der Körper als Folge einer auf einfacher Wahlverwandts
beruhenden Verbindung der verbrennlichen Substanz mit Sa
stoff unter Ausscheidung von Wärme betrachtet werde, so
nüge dieses der Erfahrung nicht, da offenbar eine vierte
tenz, das Licht, sich dabei zeige, wonach also mit weit gr
rer Wahrscheinlichkeit noch eine Materie anzunehmen sey,
mit Wärme verbunden als Licht zum Vorschein komme
welche man nicht wohl mit Wärme für identisch halten kö

---

1 De Luc stützt seine Theorie hauptsächlich auf die durch P
angestellten, oben Th. IX. S. 345 erwähnten Versuche. S. De
Lettres sur l'histoire de la Terre et de l'homme. T. V. p. 561. V
Leipz. Samml. Th. II. S. 648.

2 Ueber die neueren Gegenstände der Chemie. Bresl. u. Hir
1798. 8. St. 3.

Digitized by Google

Der Verbrennungsprocefs deute also vielmehr auf eine doppelte Wahlverwandtschaft, sofern man annehmen müsse, dafs die brennbaren Körper aus einer säurefähigen Grundlage und aus Brennstoff oder Phlogiston beständen, welche letztere Substanz mit Wärme verbunden als Licht zum Vorschein komme und deren Existenz sich den Erfahrungen gemäfs ebenso wenig wegläugnen lasse, als die des Wärmestoffes. Mit dieser Hypothese erklärt Richter leicht und consequent alle die vorzüglichsten Erscheinungen, worauf die Antiphlogistiker ihr System gründeten; genau genommen liegt jedoch in seiner Darstellung weit mehr Hypothetisches, als die Gegner sich erlaubten. Letztere blieben bei den einfachen Thatsachen stehen, indem sie nichts weiter als eine nach genau bestimmten quantitativen Verhältnissen statt findende Verbindung des Sauerstoffs mit den säurefähigen Grundlagen annahmen, die gleichzeitig statt findende Ausscheidung oder Erzeugung der Wärme mit oder ohne Verbindung von Licht aber einstweilen unerklärt liefsen oder in eine specielle Untersuchung verwiesen, statt dafs Richter das Vorhandenseyn der Wärme gleichfalls annahm und überdem, ganz hypothetisch, einen Brennstoff einschob, so wie den unbegründeten Satz, dafs eine Verbindung desselben mit Wärme die Erzeugung von Licht bedinge, ohne dabei nur anzudeuten, warum letzteres in so vielen Fällen nicht zum Vorschein kommt.

5) Ungefähr um die Mitte des vorigen Jahrhunderts bearbeitete Adair Crawford die Wärmephänomene mit gröfserer Ausführlichkeit und bemühte sich, dieselben mehr zu ordnen und auf bestimmte Gesetze zurückzuführen, wobei er zwar vielen Widerspruch fand, inzwischen erhielt sich doch seine Theorie, bis sie in den neuesten Zeiten durch die zahlreichen Untersuchungen eine veränderte Gestalt angenommen hat oder vielmehr vielfach bedeutend modificirt in ihrer Gesammtheit nicht weiter beachtet wird. Manche Gegner Crawford's haben ihm vorgeworfen, die wichtigsten Versuche, worauf seine Theorie beruht, seyen nicht von ihm selbst, allein dieses hat derselbe auch nie behauptet, ihm gebührt aber dennoch das Verdienst, das Ganze zu einem in sich consequenten System geordnet zu haben. Die Hauptsache bei ihm war eigentlich, die specifische Wärmecapacität der verschiedenen Körper und das Latentwerden des Wärmestoffes genau zu erken-

Digitized by Google

nen, wodurch die sämmtlichen Erscheinungen ganz aus
mend modificirt werden. Schon im Winter 1754 bem
DE LUC[1], dafs Thermometer in Eis eingeschlossen, welch
Trinkgläsern langsam schmolz, nicht stiegen, und wurde
durch auf das Latentwerden der Wärme geführt. Wenige
nachher will BLACK[2] von ähnlichen, erst später bel
gewordenen, Versuchen in seinen Vorlesungen geredet haben
wifs aber ist, dafs er später mit IRVINE[3] Versuche mit W
und Quecksilber anstellte und dadurch nicht blofs die ungl
specifische Wärmecapacität der verschiedenen Körper au
sondern sie auch bei den genannten Substanzen bestim
Diese Thatsachen waren damals, wie auch noch jetzt,
triftigsten Beweise eines materiellen Wärmestoffes, welcher
quantitativen Verhältnissen gemessen werden kann und
eben diesen bei verschiedenen Veränderungen gebunden
bei andern wieder frei wird, weswegen auch MARAT[5] be
nen mehr weitschweifigen als gründlichen, auch damals
mancher Berichtigungen bedürfenden Untersuchungen sic
dieser Hypothese bekennt. Am ausführlichsten und gründ
sten aber wurde diese Aufgabe durch WILKE[6] beha
welcher im Jahre 1772 zuerst seine Erfahrungen über das
tentwerden des Wärmestoffes bekannt machte, die er au
auffallenden Erscheinung entnahm, dafs heifses Wasser a
von 0° C. gegossen nicht diejenige Wärme der Mischun
zeugte, die es nach RICHMANN's Regel erhalten mufste,
dern bei gleichen Massen beider Substanzen 72° C. W
verlor, die durch das Schmelzen des Eises latent wu
Durch dieses ihm auffallende Verhalten aufmerksam gen

---

1 Untersuchungen über die Atmosphäre. Th. I. §. 438.

2 Journ. de Phys. Ann. 1773. p. 165. Crell's neueste Entd
gen. Th. IX. S. 218.

3 Chemical Essays.

4 MAGELLAN Essay sur la nouvelle Théorie du feu éléme
et de la chaleur des corps cet. Lond. 1780. 4. J. H. v. Ma
physicalisch-math. Abhandl. vom Jahr 1779 u. 1780. Leipz. 17

5 Sur le Feu, l'électricité et la lumière cet. sec. éd. Par.
8. Ausführlicher in Recherches physiques sur le Feu. Par. 17
Deutsch mit Anm. von WEIGEL. Leipz. 1782.

6 Kongl. Vetensk. Acad. Nya Handl. 1781. T. II. p. 49 ff.
schwed. Abh. Uebers. von KÄSTNER. Th. II. Schwed. Abh
XXXIV. S. 93.

Digitized by Google

untersuchte er sofort auch die specifischen Wärmecapacitäten der verschiedenen Körper. Nachdem er nämlich gefunden, dafs die beim Schmelzen des Schnees latent werdende Wärme 72° C. betrage, wollte er die in den verschiedenen Körpern vorhandene Wärme aus der Menge des durch sie geschmolzenen Schnees nach demselben Principe bestimmen, welches nachher Lavoisier und Laplace bei ihrem *Calorimeter* in Anwendung brachten; allein der Schnee verschluckte das geschmolzene Wasser, und machte hierdurch eine genaue Messung unmöglich, weswegen er in der Folge eiskaltes Wasser nahm, die Wärme mafs, welche die Körper darin erzeugten, hieraus berechnete, wie viel Eis dadurch schmelzen würde, und auf diese Weise indirect die specifische Wärme der Körper bestimmte.

Dieses war bereits vorausgegangen und mochte wohl mindestens grofsentheils zu Crawford's Kenntnifs gelangt seyn, da dieser im J. 1777 seine Versuche zu Glasgow anstellte und seine allgemein bekannt gewordene und viel Aufsehn erregende Theorie darauf gründete. Sie wurde in ihren wesentlichsten Elementen zuerst bekannt durch eine kürzere Schrift[1], die nachher in einer zweiten Auflage[2] verschiedene Erweiterungen erhielt. Am meisten diente zur Verbreitung derselben eine kurze Darstellung, die J. G. Magellan[3] davon lieferte, und die meinen sehr unerheblichen Einwendungen, welche Morgan[4] dagegen aufstellte, konnten den Beifall nicht vermindern, welchen sie sehr allgemein erhielt. Bei allen in der damaligen und der nächstfolgenden Zeit über diesen Gegenstand erschienenen Werken und Abhandlungen, namentlich von Scopoli und Volta[5],

---

1 Experiments and observations on animal Heat and the inflammation of combustible bodies cet. Lond. 1778.

2 A. Crawford's Experiments and observations on animal Heat and the inflammation of combustible bodies. Lond. 1788. 8. Uebers. von Crell. Leipz. 1789. 8.

3 Essay sur la nouvelle Théorie du feu élémentaire et de la chaleur des corps. Lond. 1780. 4. Versuch über die neue Theorie vom Elementarfeuer und der Wärme der Körper. Leipz. 1782. 8.

4 An examination of Dr. Crawford's Theorie of Heat and combustion. Lond. 1781. Adair Crawford's Versuche und Beob. u. s. w. mit W. Morgan's Erinnerungen wider die Theorie des Herrn Crawford. Leipz. 1785. 8.

5 Crell's neueste Entdeckungen in der Chymie. Th. XII. S. 1 ff.

Soycourt[1], C. R. Hopson[2], Leop. Vacca Berlinghi Marsigli Landriani[4], Du Tasta la Serre[5], Giovac Carradori[6], Franz Xaver Baader[7], Joseph Weber vielen Andern[9], wurde diese Theorie berücksichtigt un Ganzen mit Beifall aufgenommen, wenngleich andere Ge Zweifel dagegen erhoben, wie namentlich Gren[10], zum um das beliebte Phlogiston zu retten oder es der neuen T rie aufzudringen, noch andere aber, wie namentlich Lic berg[11] und Joh. Tob. Mayer[12], sie in einer durch ri Würdigung der zum Grunde liegenden und später aufgef nen Thatsachen modificirten Gestalt darstellten.

Eine vollständige Mittheilung der *Crawford'schen T* würde jetzt nicht mehr von genügendem Interesse seyn, u ist daher hinreichend, nur die Hauptelemente anzugeben. nach heifst Hitze oder Feuer die physische Ursache alle Erscheinungen, die wir jetzt als Folgen der Wärme betra und wenngleich nicht ausdrücklich gesagt wird, dafs Ursache materiell sey, so liegt dieses doch entschieden in der ganzen Darstellung, um jeden Zweifel dagegen

---

Auch in Macquer's chemischem Wörterbuche. Ital. Ausgabe. Calore.

1 Ueber die Versuche zum Beweise einer latenten Wärme. d. Franz. Quedlinb. 1790.

2 An Essay on Fire. Lond. 1781. 8.

3 Esame della Teoria del Calore del celebre Inglese Cr cet. Pisa 1787. 4.

4 Opusc. fisico-chem. p. 81.

5 La Théorie du feu avec son application au corps h Avignon 1788.

6 La Teoria del Calore. Firenze 1787. 2 T.

7 Vom Wärmestoff, seiner Vertheilung, Bindung und E dung u. s. w. Wien u. Leipz. 1786. 4.

8 Ueber das Feuer. Landsh. 1788. 8.

9 Abhandlungen über d. Wärme. In Crell's neuesten Entd gen. Th. XII. Vergl. Karsten's Anleitung zur gemeinnützigen K nifs der Natur. Halle 1783. S. 601.

10 Dessen Journal d. Physik. Th. I. S. 1 ff.

11 J. C. P. Erxleben Anfangsgründe d. Naturlehre. 6te Aufl. S. 482.

12 Ueber die Gesetze und Modificationen des Wärmestoffs 1791. Hierin ist dieser Gegenstand am ausführlichsten und grün sten behandelt.

Digitized by Google

schneiden. Diese Hitze, an sich betrachtet und ohne Rücksicht auf die durch sie erzeugten Veränderungen in den Körpern, nennt CRAWFORD *absolute Hitze* (absolute Heat), in Beziehung auf die Wirkungen aber, die sie erzeugt und durch die sie gemessen wird, heifst sie ihm *relative Hitze* (relative Heat). Die letztere zeigt sich unter drei Modificationen, nemlich als solche, die empfunden wird (*sensible Heat*), dann als solche, die das Volumen der Körper vermehrt, somit also durch das Thermometer gemessen werden kann (*Temperature of Heat*), und endlich als solche, die bei gleichen Massen und Temperaturen der Körper dennoch eine verschiedene Quantität vorhandener absoluter Wärme voraussetzt (*comparative Heat*), wonach die Körper eine ungleiche Capacität der Wärme haben. Eine blofse Uebersicht dieser Sätze ergiebt bald, dafs man alle Erscheinungen der freien, relativen (nach WILKE besser specifischen) und latenten Wärme leicht auf dieselben zurückbringen kann.

6) Die Untersuchungen über das Verhalten der Wärme, wie auch das Wesen und die Modificationen derselben, wurden zu jener Zeit mit denen über den Sauerstoff als Bedingung des Verbrennens, der thierischen Wärme und des Keimens der Gewächse verschmolzen, wobei aber allezeit ein materieller Wärmestoff angenommen wurde und nur das Bestreben vorherrschte, die verschiedenen Erscheinungen dieser Hypothese anzupassen. LICHTENBERG[1], damals unzweifelhaft eine grofse Autorität, erklärt sich hierüber ohne Rückhalt, indem er mifsbilligend bemerkt, dafs CRAWFORD eine entschiedene Beantwortung zu umgehen suche, obgleich seine Meinung darüber nicht zweifelhaft sey, er selbst es aber für besser halte, die Behauptung über die wirkliche Existenz eines materiellen Wärmestoffes bestimmt auszusprechen. Nicht grofsen Beifall fand die in das ganze Gebiet der Naturlehre tief eingreifende Theorie, welche J. H. VOIGT[2] aufstellte, wonach unter den allen Körpern und deren Veränderungen zum Grunde liegenden 12 einfachen und für sich bestehenden Stoffen zwei zum Brennen, einer für das Licht, zwei für die Elektricität und zwei

1 EMLEBEN's Naturlehre. 6te Aufl. S. 434.
2 Versuch einer neuen Theorie des Feuers u. s. w. Jena 1793. Vergl. Gren's neues Journ. Th. III. S. 235.

für den Magnetismus gehören, wobei er das Phlogiston u gewissen Modificationen zu retten sucht und als den einen den Erscheinungen der Wärme thätigen Bestandtheil annii Es verlohnt sich nicht der Mühe, diese Hypothese ausführli zu prüfen, inzwischen geht aus dem hier Mitgetheilten so hervor, dafs auf jeden Fall die Mehrheit der Physiker, bis Ende des vorigen Jahrhunderts, die Wärmephänomene auf nen gewissen materiellen Grundstoff zurückzuführen be war, denn auch PICTET[1], ein in diesem Zweige als clas geltender Schriftsteller, erklärt die Ursache der Wärmeph mene für einen materiellen Stoff, den man am besten durch französische Wort *Calorique* bezeichnen könne.

7) Die in diese letztere Zeit fallenden Versuche und auf gebaueten Schlüsse des Colonel BENJAMIN THOMPSON, n herigen Grafen RUMFORD, bilden einen wichtigen Abschni der Geschichte der Meinungen über das Wesen der Wä Seine schon im J. 1778 angestellten bekannten Versuche die Kraft des Schiefspulvers[2] führten ihn zu der Wahr mung, dafs ein Schufs ohne Kugel das Geschütz stärker wärmt, als mit derselben, und da man gerade das Gegen erwarten sollte, sofern das Fortschleudern der Kugel in F ihres Widerstandes das heifse Gas eine längere Zeit im I zurückhält, so beschlofs er, das Wesen und das Verhalten Wärme einer näheren Untersuchung zu unterwerfen, und um so mehr, je weniger er die beobachtete Erscheinung mi Hypothese eines *Calorique* in Einklang zu bringen wufste. seinen Untersuchungen über die specifische Wärmecapacität Körper unterbrochen, und da diese unterdefs durch WILKI genügende Weise angestellt worden waren, wandte er sich zuna zu dem Problem, die Gesetze des Durchgauges der Wärme d den leeren und erfüllten Raum auszumitteln[3]. Einen weit wichtigen Beitrag zur Begründung seiner Wärmetheorie nahm RUMFORD aus den Resultaten der im grofsen Mafss angestellten Versuche über die Hitze, welche in gerieb

---

1 Versuch über das Feuer. Aus d. Franz. Tüb. 1790. §. 3

2 Philos. Trans. T. LXXI. Philosophical Papers. Lond. Mémoires sur la Chaleur. Par. Ann. XIII. (1804.)

3 New Experiments upon Heat. Lond. 1786. Philos. Trans LXXVI. u. LXXXIII. Gren Journ. Th. VII. S. 245.

Digitized by Google

Körpern erzeugt wird[1]. Er bediente sich hierbei der unter seiner Aufsicht stehenden Kanonenbohrmaschine zu München und wählte zum geriebenen Körper einen sogenannten *verlorenen Kopf*[2] von einem Sechspfünder. Hieraus liefs er einen 8 Z. langen, 7,75 Z. dicken Cylinder drehen, diesen alsdann mit einem gewöhnlichen Bohrer 7,2 Z. tief und 3,7 Z. weit ausbohren, während er durch einen kleinen Hals mit der Kanone zusammenhing, und also mit letzterer zugleich in horizontaler Lage um ihre gemeinschaftliche Axe gedreht werden konnte. In die Oeffnung wurde dann ein absichtlich stumpf gemachter Stahlbohrer gebracht, der sie fast genau ausfüllte, und indem dieser zur Verstärkung der Friction einen Druck von etwa 10000 Pfund ausübte, machte die Kanone 32 Umdrehungen um ihre Axe in einer Minute. Der hohle Metallcylinder hatte eine Masse von 385,75 engl. Kubikzoll und wog 113,13 engl. Pfund; in seiner Seite war ein 4,2 Z. tiefes Loch eingebohrt, um ein Thermometer zum Messen der Temperatur einzusenken. Nach 30 Minuten und 960 Umdrehungen war die Wärme von 15°,6 C. bis 54°,5 C. vermehrt und die ,837 Gran abgeriebener kupferiger Metallspähne zeigten keine Spur von Oxydirung, auch nahm die Wärme bei Fortsetzung der Versuche fortwährend ohne ein Versiegen ihrer Quelle zu. Ebendieses Resultat gab ein zweiter Versuch, bei welchem um die vierkantige eiserne Stange des Bohrers ein die Mündung des hohlen Cylinders genau verschliefsender Cylinder gelegt war, damit der äufsern Luft der Zutritt zur innern Höhlung abgeschnitten würde. Noch interessanter war das Resultat eines dritten Versuches, wobei der Bohrapparat sich in einem mit Wasser gefüllten hölzernen Kasten befand, durch dessen eine Seitenwand das Verbindungsstück, welches den hohlen Cylinder an der Kanone erhielt, wasserdicht hindurchging. Die Menge des Wassers betrug 18,77 Pfund, und es stieg nach einer Stunde von 15°,6

---

1 Philos. Trans. 1798. P. I. p. 80 ff. Journ. de Phys. T. XLVII. p. 24. Experimental Essays. Ess. IX. In diesen nach und nach erschienenen Essays finden sich die sämmtlichen hierher gehörigen Untersuchungen Rumford's. Die gesammten XV Essays machen 3 Bde.

2 So nennt man ein massives Metallstück, welches an der Mündung der Kanone, damit diese nicht porös wird, angegossen und nachher weggesägt zu werden pflegt.

C. auf 41°,7, nach 1,5 Stunden auf 60°,6, nach 2 Stunden 81°, nach 2 Stunden 20 Min. auf 93°,4, und fing nach 2,5 Stunden an zu sieden[1]. Als nachher bei der Wiederholung des Versuches der Stopfer, welcher die Oeffnung des Cylinders verschlofs, weggenommen, und dem Wasser freier Zutritt das Innere des Cylinders gestattet wurde, änderte dieses Resultat nicht wesentlich. Rumford argumentirte daher, hierbei entstandene Wärme könne nicht aus den wenigen Bo spähnen, noch aus dem Wasser entwickelt, auch nicht du die eiserne Bohrstange oder den kleinen Hals an der Kan zugeleitet worden seyn, indem diese Theile vielmehr stets Wä abführten, und da aufserdem die Quelle der Wärme nie versi so müsse man es aufgeben, sie für ein materielles Wesen halten, und sie vielmehr als eine blofse Bewegung betrach Man soll demnach die Erzeugung der Wärme mit der Schalles vergleichen, sofern eine geschlagene Campane anh tend tönt. Bertholllet[2] erklärte sich gegen diese Folgerun und leitete die entstandene Wärme aus einer Zusammendrück des Metalles ab, wodurch aber so viel Wärme entbunden we als welche im Stande seyn würde, das Volumen des geri nen Körpers um ebenso viel zu vergröfsern, als es durch Reiben vermöge des starken Druckes vermindert wurde, eine leichte Berechnung ergiebt, dafs die hierzu erforderli Erhöhung der Temperatur leicht die wahrgenommenen Ersch nungen hervorbringen konnte, allein Rumford setzt dieser gumentation entgegen, dafs dann die Wärme durch den an wandten Druck plötzlich im Maximum erzeugt worden seyn mü und mit noch mehrerem Grunde, dafs dann die Wärmequelle n unerschöpflich seyn könne. Wäre die Reibung so lange fort setzt worden, um die gesammte Metallmasse von 113,13 Pfun Spähne zu verwandeln, so würde dadurch eine Wärmeme erzeugt worden seyn, genügend um mit Rücksicht auf die s Wärme 46165 Pfund des Metalles vom Frostpuncte bis Siedepuncte zu erwärmen oder auch eine sechzehnmal so gr

---

1 Die Menge der erzeugten Wärme wächst mit der Gesch digkeit der Reibung und der Stärke des Druckes; bei diesem suche setzt sie Rumford derjenigen gleich, welche neun brenn Wachskerzen geben. S. Mémoires. p. XXXVI.

2 Essay de Chimie statique. Par. 1803.

Digitized by Google

Metallmasse zu schmelzen, als welche beim Versuche in Anwendung gebracht wurde.

Bald nachher, im Jahre 1800, wiederholte Rumford zu Münburg in Gemeinschaft mit Hope, Playfair und Struvart die bekannten Versuche von Pictet mit Hohlspiegeln, in deren Brennpuncten sich Eis und ein Thermometer befanden, und suchte auch hierbei die Erzeugung der Wärme ganz ähnlich der eines Tones zu finden. Nach Beendigung der Versuche über die Erregung der Wärme durch die Sonnenstrahlen, welche demnächst zu erwähnen sind, wandte sich Rumford im Jahre 1803 zur Untersuchung des Ausstrahlungsvermögens verschiedener Oberflächen, und zeigte im folgenden Jahre zu Paris die Resultate derselben den Mitgliedern des Instituts, um damit die Hypothese von der Existenz eines Wärmestoffes gänzlich zu widerlegen[1]. Mit Uebergehung der demnächst näher zu erörternden Versuche verdient hier blofs bemerkt zu werden, dafs in Gemäfsheit aller dieser Untersuchungen Rumford die gesammten Wärmephänomene auf Strahlungen zurückführen wollte und diesemnach sowohl *Wärme*- als auch *Kältestrahlen* (Rayons calorifiques et frigorifiques) annahm, beide den Schallwellen ähnlich, und zwar so, dafs sich diese Strahlen von gröfserer oder geringerer Intensität so von einander unterscheiden, als diejenigen, welche einem höhern oder tiefern Tone zugehören, eine Vergleichung, die auf jeden Fall unzulässig ist, sofern sich bei den Schallwellen wohl ein Unterschied, aber kein eigentlicher Gegensatz findet, wie bei der Annahme von Wärme- und Kältestrahlen nothwendig gedacht werden müfste.

8) Nicht viel später als Rumford trat ein anderer, in der Folge so berühmt gewordener Gelehrter als Vertheidiger der Emissionstheorie oder vielmehr als Gegner eines eigenthümlichen Wärmestoffes auf. Humphry Davy eröffnete seine gelehrte Laufbahn mit einer Abhandlung über das Wesen der Wärme und des Lichts[2], worin er die Materialität des Lichtes zu erweisen, die der Wärme aber zu widerlegen bemüht war.

---

1 Vergl. G. XVII. 33 u. 213.

2 Essay on Heat, Light and the Combinations of Light. In Contributions to physical and medical knowledge, collected by Th. Beddoes. Bristol 1799. T. I. p. 1.

Digitized by Google

Berücksichtigen wir zunächst nur seine Ansichten über
Wesen der Wärme, so gehn diese von der, hauptsächlich d
La Place vertheidigten, Hypothese eines Conflictes zweie
allen Körpern thätigen Kräfte aus, einer anziehenden und
abstofsenden, die durch ihren Gegensatz den beharrenden
stand eines bleibenden Gleichgewichts (*équilibre stable*) er
gen. Indem aber alle Körper durch Wärme ausgedehnt
den, und zwar so ziemlich den Zunahmen derselben propo
nal, so soll dieses zu dem Schlusse führen, dafs eben
Wärme dasjenige Etwas sey, wovon die Repulsion in der
terie herrührt. Nehme man einen Wärmestoff als Ursache
Repulsion an, so sey damit nicht nachgewiesen, woher
selbe diese Eigenschaft erhalte, und es werde dabei unlog
die Repulsion und Elasticität durch Repulsion und Elasti
erklärt.

Sicher waren es nicht sowohl diese allzuwenig haltbaren th
retischen Gründe, welche H. Davy bewogen, die Materialität
Wärme zu bestreiten, als vielmehr die erwähnten Vers
Rumford's, die er selbst zum Theil mit einigen Modificatio
wiederholte und wobei er argumentirte, dafs nach der Hy
these eines materiellen Wärmestoffes der Ursprung der dad
erzeugten Hitze auf keine Weise aufzufinden sey, weil w
eine verminderte Wärmecapacität, noch eine Art der Verbr
nung durch Aufnahme des umgebenden Sauerstoffgases, n
auch eine Zuleitung von andern Körpern dabei statt finde.
seinen Versuchen wurde Eis an Eis gerieben und dadurch
Schmelzen gebracht, indem zugleich das dadurch erhal
Wasser ungeachtet seiner gröfseren Wärmecapacität doch
erhöhete Temperatur zeigte. Ein eigens construirter Ap
rat diente dazu, um unter einen exantlirten, durch ei
Tropfen vorher hineingebrachtes, im Vacuum verdampfer
Wasser völlig luftleer gemachten Recipienten ein metall
Rad an einem Metallblech reiben zu lassen. Um die let
Spuren des als Ursache der Erwärmung von den Antiphlo
stikern betrachteten Sauerstoffgases der etwa zurückbleiben
atmosphärischen Luft wegzuschaffen, war der Recipient vorher
Kohlensäure gefüllt und während der Reibung mit Eis umge
worden, damit keine Wärme von aufsen eindränge; die erzeu
Wachs zum Schmelzen bringende Wärme war also aus d
0,5 G. betragenden Metalle entwickelt, woraus folgt, dafs

Digitized by Google

kein materieller Stoff seyn könne, sondern von einer besondern Bewegung der Körpertheilchen herrühren müsse.

Wegen der grofsen Celebrität, welche H. Davy später erlangt hat, ist es wohl der Mühe werth, die Hauptsätze seiner Wärmetheorie kurz zu erwähnen, die zwar unter sich Zusammenhang haben, dennoch aber einigen Zwang und manche Inconsequenzen nicht verkennen lassen. Wärme ist nach ihm die Kraft, welche die durch Attraction bedingte innige Berührung der Körperelemente hindert, und die Empfindung derselben, so wie ihres Gegentheils, der Kälte, besteht in einer eigenen Art von Bewegung, wahrscheinlich einer Vibration der kleinsten Körpertheile, die mit Grunde *repulsive Bewegung* genannt werden kann. Wenn diese letztere aber der planetarischen Centrifugalkraft analog seyn soll, wie die Attraction der Centripetalkraft, so ersieht man hieraus, dafs bei der Hypothese eine hinlänglich scharfe Bestimmung der Begriffe fehlte. Leicht war es übrigens, wenn man es mit dem innern nothwendigen Zusammenhange zwischen Ursache und Wirkung nicht sehr genau nimmt, eine Menge Thatsachen mit anscheinender Consequenz an sie zu knüpfen. So folgt der verschiedene Aggregatzustand der Körper von selbst aus der ungleichen Wirksamkeit der beiden Kräfte, beim Lichte aber soll die Repulsion so sehr überwiegend seyn, dafs ohne mefsbaren Einflufs der Attraction die Theilchen sich mit der gröfsten Schnelligkeit und ins Unendliche von einander trennen, was *repulsive Projection* genannt wird. Die Uebergänge aus einem Aggregatzustande in den andern beruhn auf einer Veränderung des gegenseitigen Verhältnisses der beiden Grundkräfte, deren eine, die Repulsion, erregt oder vermehrt wird 1) durch Reiben oder Stofsen, wobei die mechanische Bewegung, welche die Massen bei ihrem Aneinanderreiben verlieren, in repulsive Kraft verwandelt wird; 2) durch die Bewegung chemischer Verbindungen und 3) durch Mittheilung repulsiver Bewegung von benachbarten Körpern. Alle aus dem verschiedenen Verhalten der Wärme folgende Erscheinungen, unter denen man jedoch gerade die entscheidendste, nämlich die des latenten Wärmestoffes vermifst, fügen sich dann leicht der Hypothese, sobald man die angenommene Bewegung als eine wirkliche, quantitativ wachsende und abnehmende Gröfse betrachtet, mithin ihr unvermerkt die Wesenheit der Materialität unterschiebt. Vorzugsweise findet

Digitized by Google

Davy die Annahme eines Wärmestoffs am absurdesten, w
die Verpuffungen daraus erklärt werden sollen, denn name
lich beim Schiefspulver müfsten die Wärmecapacitäten des K
des Azotes und der Kohlensäure geringer seyn, als die
Kohle und des Salpeters, um die Entbindung der Wärme
erklären, da doch seine Versuche hierüber gerade das Geg
theil ergäben.

9) Allerdings giebt es verschiedene, demnächst näher
untersuchende und zu würdigende Wärmephänomene, wel
aus der Annahme eines eigenthümlichen Stoffes noch kein
wegs hinlänglich erklärt worden sind und sich einer Erklär
aus diesem Principe auf keine Weise fügen, sobald man d
nichts weiter, als eine Vertheilung und ein Uebergehn n
quantitativen Verhältnissen mit Rücksicht auf die verschiede
Capacitäten der Körper zum Grunde legt; allein alle die versch
denen Phänomene aus blofser Bewegung abzuleiten, wie du
Davy und noch neuerdings durch Mohr[1] mit specieller
allerdings sinnreicher Anwendung auf die einzelnen Ersch
nungen geschehen ist, heifst im Grunde nicht mehr, als et
Unbekanntes auf ein unbekanntes, dem eigentlichen Beg
nach keineswegs genau bestimmtes Wort zurückführen.
zuerst, wie dieses durch Davy mindestens angedeutet wird,
Wärme eine repulsive, der Anziehung entgegenwirkende K
seyn, so liegen hierbei durchaus unklare Begriffe zum Grun
Die Anziehung, deren Aeufserungen wir bei allem Materie
wahrnehmen, ist der Materie allgemein eigen, sie ist eine
angehörige, stets wirksame Kraft, welcher zwar entgegengew
und die eben hierdurch geschwächt und gänzlich überwun
werden kann, die aber dennoch niemals weder zu seyn n
zu wirken aufhört, und die daher, mit Rücksicht auf ihre
scheinende Ungleichheit bei den verschiedenen Stoffen, an s
und hinsichtlich ihrer Wirksamkeit stets die nämliche, also
eigentlichen Sinne eine stetig wirkende Kraft ist. Sollte
eine andere gleiche, aber entgegengesetzte Kraft entgegenw

---

1 Baumgartner's und v. Holger's Zeitschr. Th. V. S. 419. A
Bordenave betrachtet die Wärme als Folge der Bewegung der K
perelemente. S. Journ. de Phys. T. IV. p. 104. Verschiedene And
die dieser Ansicht huldigen, liefsen sich gleichfalls noch naml
machen.

Digitized by Google

…n, so würden beide sich in der hieraus erwachsenden Diffe-
…z ausgleichen; es würde nur diese letztere bleiben, und die
…nigfaltigen Veränderungen und Wechsel, die wir durch
…Wärme erzeugt sehn, ständen ohne allen genügenden Grund
…, denn die Abstofsung müfste gleichfalls eine stetig wir-
…de Kraft seyn, und es wäre aufserdem eine *petitio princi-*
…, die Aeufserungen derselben als durch die Empfindung
…hmbar anzunehmen. Abstrahirt man hiervon, und will
…die Wärmephänomene auf Bewegung zurückführen, wozu
…tens das Verhalten des Schalles und des Lichts Veranlas-
…g geben, so wird hierbei sogleich im Eingange übersehn,
…eine solche Bewegung nothwendig eine Ursache haben
…fs, welche nach allgemeinen mechanischen Principien der
…kung proportional seyn, aufserdem aber allmälig abnehmen
…d zuletzt aufhören mufs, was dann der Erfahrung zuwider
…absoluten Nullpunct der Wärme herbeiführen müfste, es
…denn, dafs man mit CARTESIUS eine von Ewigkeit gege-
…e und stets fortdauernde, nach dem jederzeitigen Bedürfnifs
…Erklärung als vermehrt oder vermindert vorausgesetzte Be-
…gung annehmen wollte. Noch ungleich gröfsere Schwierig-
…zeigen sich aber, wenn man auf Einzelnheiten eingeht.
…vorstellbar ist, dafs die Schwingungen des Lichtäthers
…so feines Organ, wie den Gesichtsnerv afficiren und die
…lationen fester, flüssiger oder expandirter Körper in dem
…Gehörorgane eine Empfindung erzeugen, dafs aber die
…sich gar nicht wahrnehmbare Bewegung, durch die chemi-
…Verbindung des Wasserstoffgases mit Sauerstoffgas im Knall-
…gebläse erzeugt, die mit so grofser Gewalt zusammenhän-
…den Theile des Eisens, Platins und anderer Metalle in so
…che Bewegung setzen sollte, als zum Umhersprühen und
…rflüchtigen derselben erfordert wird, ist ohne Widerrede nicht
…stellbar. Ferner aber ist es offenbar nicht genügend, zur
…klärung der einzelnen Phänomene sich blofs des Wortes Be-
…gung zu bedienen, sondern es müfste nothwendig für jedes
…sondere Verhalten die eigenthümliche Art der Bewegung und
…der innere Zusammenhang zwischen der speciell modificirten
…Bewegung und der ihr zugehörigen Wirkung auf gleiche Weise
…nachgewiesen werden, als dieses bei den Schall- und Licht-

---

1 Vergl. Art. *Abstofsung*. Bd. I. S. 120.

Digitized by Google

wellen nach der Undulationstheorie geschehn ist. Endlich ben wir für die optischen Erscheinungen ein materielles stratum, den Lichtäther, und wollten wir für die Wärme nomene ein ähnliches Medium annehmen, so wäre dami Existenz eines materiellen Wärmestoffes zugestanden.

10) Diese unüberwindliche Schwierigkeit haben alle nigen gefühlt, welche sich eben deswegen gegen die Zulä keit der Vibrationstheorie erklärten. Murray[1] sagt daher Ausdehnung der Körper kann nicht durch eine oscillator Bewegung erzeugt werden, welche blofs wechselnde Ver tungen und Verdünnungen voraussetzt. Ebenso wenig is bleibende Zustand der Aggregatform der Körper, wenn diese als durch Bewegung erzeugt annehmen wollten, mit ser Ansicht vereinbar, namentlich wenn man berücksic dafs das Wasser bei seiner Verwandlung in Dampf ein 1 mal gröfseres Volumen erhält. Auch die Verbreitung der W me durch die Körper steht mit der Vibrationstheorie im derspruche, indem hiernach ihr Fortgang durch elastische per momentan seyn und überhaupt bei allen Körpern in nem gewissen Verhältnisse zur Elasticität derselben stehn mi

Hauptsächlich aber läfst sich die Langsamkeit ihres Fortga in den verschiedenen Körpern auf keine Weise damit in klang bringen, die Erscheinungen der specifischen und late Wärme nicht zu erwähnen.

11) Wie entscheidend diese Argumente auch sind, s doch auf der andern Seite nicht zu verkennen, dafs die Q der Wärme, die bei Rumford's und Davy's Versuchen d Reiben entwickelt wurde, sich auf keine Weise mit in Wahrscheinlichkeit auffinden läfst, und alle gewiegte Phy erkennen diese grofse Schwierigkeit unverhohlen an. Wir len statt vieler Anderer nur den gelehrten Thomas You hierüber hören. Nach seiner Ansicht ist die Wärme, die d das Abschaben der wenigen Metallspähne bei Rumford's suchen erzeugt wurde, so unermefslich grofs, dafs es als möglich erscheinen mufs, sie für einen eigentlichen Stof halten. Rumford fand die Wärmecapacität der abgerieb

1 System of Chemistry. 3d ed. T. I. p. 463.
2 Lectures on natural Philosophy. Lond. 1807. 4. T. I. p.

Digitized by Google

Spähne nicht geringer, als die des soliden Metalls[1], angenommen aber, sie sey um $\frac{1}{17}$ geringer geworden (wodurch also $\frac{1}{17}$ ihrer absoluten Wärme ausgeschieden wäre), so hätte dieses Zwölftel 33000 Grade Centes., und die gesammte Wärme der Spähne vom absoluten Nullpuncte bis zum Eispuncte ungefähr 33000 Grade betragen müssen. Dalton[2] findet diese Argumentation ungenügend; der Unterschied der Wärmecapacität sey nur, wie er meint, wegen Mangelhaftigkeit der Versuche nicht aufgefunden worden, die Wärme habe ihren Ursprung nicht blofs aus den Spähnen, sondern aus der gesammten Masse des Metalls, und der absolute Nullpunct müsse weit tiefer liegen, als man annehme. Young dagegen führt an, dafs 1 ℔. Salpeter ungefähr 0,5 ℔. trockne Salpetersäure enthält, deren eigenthümliche Wärme ungefähr halb so grofs, als die des Wassers ist, und 1 ℔. Salpeter enthält daher nur $\frac{1}{4}$ so viel Wärme, als 1 ℔. Wasser. Dennoch aber fanden Lavoisier und Laplace, dafs 1 ℔. mit Kohle verbrennender Salpeter eine Hitze erzeugte, die 12 ℔. Eis zu schmelzen vermochte, folglich auch 1 ℔. trockne Salpetersäure 24 ℔. Eis zu schmelzen vermöchten. Angenommen, dafs beim Processe des Verbrennens die entwickelten Gase nicht mehr Wärme verschluckten, als die Kohle hergab, so folgt, dafs 1 ℔. Wasser so viele Wärme enthalten müsse, als 48 ℔. Eis zu schmelzen erfordert werden, d. h. 3734 Cent. Grade. Gesetzt aber, man wollte wirklich eine solche Menge latenter Wärme in den verbrennenden Körpern voraussetzen (oder den absoluten Nullpunct als so tief liegend annehmen), so ist die Erzeugung der Wärme durch Reiben, wobei die geriebenen Körper, namentlich in Davy's Versuchen das Eis, keine Zersetzung oder Veränderung erleiden, auch dann durchaus unerklärbar. Young schliefst demnach, dafs die Wärme kein materielles Etwas seyn kann, wenn sie beim Reiben aus dem Nichts erzeugt wird; auch könne man sie nicht für eine der Attraction entgegengesetzte repulsive Kraft halten, weil sonst die Elasticität fester und flüssiger Körper durch ihre Vermehrung wachsen müfste. Als mate-

---

1 Bei einem Versuche wurden 4145 Gran Spähne abgerieben und 4,58 ℔. Wasser zum Sieden gebracht.

2 Ein neues System des chemischen Theils der Naturwissenschaft. Uebers. von Wolff. Th. I. S. 113.

rielles Wesen könne sie nicht nach allen Seiten hin auss
len, auch müfsten ihre Theile bei der Concentration im
einander so nahe kommen, dafs sie von der geradlinigen
abweichen würden. Diesemnach setzt er die Wärme in Sch
gungen, ähnlich denen des Lichts und des Schalles. Die
logie zwischen Licht und Wärme scheint ihm auch daraus
vorzugehn, dafs die ungleichen Lichtstrahlen zugleich vers
dene erwärmende Kraft haben, bis zu der Grenze hin,
welcher an die Lichtstrahlen für das Auge nicht mehr emp
bar sind, wohl aber als Wärmestrahlen noch wahrgenor
werden. Auch zwischen den Schallwellen und den Wä
strahlen findet er grofse Aehnlichkeit und geht hierin so
dafs er meint, die Wellen, welche ein vibrirender, ins W
getauchter Schenkel einer Stimmgabel zeige, geben ein Bil
Dampfbildung.

12) So lange man sich, wie auch hier durch Youn
schieht, mit allgemeinen Analogieen begnügt, läfst sich
Hypothese aufstellen, sobald man aber die Begriffe scharf
zufassen sucht, zeigt sie sich als ganz unhaltbar. Die An
gie mit dem Lichte fällt zuerst ganz weg; denn wir haben
bei allerdings Undulationen, aber eines Lichtäthers, eines n
riellen Fluidums, und wenn wir ein solches auch den Wä
phänomenen zum Grunde legen, so ist damit der verk
Wärmestoff schon zugestanden. Die Bewegungen in
Schallwellen würde man sicher Bedenken tragen als ein
logon der Wärmephänomene anzuführen, wenn man überl
wollte, dafs diese in nichts anderem, als in regelmäfsigen St
(Pulsationen) bestehen, die im höchsten Grade verfeinert
Schlägen eines Rammklotzes gegen einen Pfahl vergleic
sind. Beide Analogieen verschwinden aber oder zeigen
als unhaltbar, sobald man die Theorie der Wellen auf die
scheinungen der latenten Wärme anwendet, wobei ein die W
mephänomene gebendes Etwas in genauen quantitativen
hältnissen gebunden und nach willkürlich langer Zeit wi
frei wird. Obgleich jede Welle aus einem Positiven und
nem Negativen, einem Wellenberge und Wellenthale, e
Verdichtung und Verdünnung besteht, so ist dennoch eine
solut und allein negative Welle ein durchaus unfafslicher
griff, und es lassen sich daher weder die Erscheinungen
Wärme, noch auch die der *Elektricität* und des *Magnetis*

Digitized by Google

auf blofse Wellenbewegung, ohne materielles Substrat, zurückführen; die beiden letzteren Potenzen schon deswegen nicht, weil sie aus einem Positiven und einem Negativen (des vorhandenen Gegensatzes wegen) bestehn, deren jedes wieder Wellenberge und Wellenthäler erfordern würde. Das Aufhören der Wellenbewegung bedingt nothwendig das Aufhören der Erscheinungen, wie dieses auch beim Schalle und beim Lichte der Fall ist, das Aufhören der hypothetischen Wärmevibrationen müfste daher den Eintritt des absoluten Nullpunctes zur Folge haben, die bleibende Ausdehnung der Körper bei mittleren Temperaturen müfste daher aus ewig dauernden Vibrationen erklärt werden, die Bindung der Wärme wäre dann eine Verminderung dieser Vibrationen mit Aenderung des Aggregatzustandes der Körper, wofür weder die Licht- noch die Schallwellen ein Analogon darbieten; aber dafs demnächst nach willkürlichen Zeiträumen die Vibrationen mit mefsbar gleichen quantitativen Gröfsen wieder zum Vorschein kommen sollten, dieses ist schwerlich überall vorstellbar.

13) Gegen diese, in der That unüberwindlichen Schwierigkeiten müssen diejenigen als verschwindend erscheinen, welche aus der allerdings räthselhaften Erzeugung der Wärme durch Reibung hervorgehn, obgleich noch niemand die eigentliche Quelle derselben genügend nachzuweisen vermochte. William Henry[1] hat es übernommen, die aus der Wärmeerzeugung durch Reiben abgeleiteten Argumente gegen einen materiellen Wärmestoff zu widerlegen. Zuerst findet er den Beweis unzulässig, dafs bei Davy's Versuchen zu der im Vacuum geriebenen Scheibe keine Wärme von aufsen zugeführt worden sey, denn dieselbe könne auch den leeren Raum durchdringen und denjenigen Körper zugeführt werden, der zu ihrer Aufnahme disponirt sey. Bei Rumford's Versuchen war der Bohrer mit Wasser umgeben und alle Luft abgehalten; die Wärme konnte aber nur durch den Bohrer zugeführt werden. Eine Ungewifsheit will Henry darin nicht finden, dafs ein Körper zugleich Wärme anziehe und wieder abgebe, wie in beiden Versuchsreihen der Fall war; allein dafs ein solches Verhalten, wenn auch nicht absolut unzulässig, doch auf jeden Fall nicht

---

1 Mem. of the Society of Manchester. T. V. P. 2. Lond. 1802.

Digitized by Google

ungezwungen vorstellbar sey, unterliegt wohl keinem Zw
Dafs die Wärme nicht aus den geriebenen Körpern entsta
sey, folgerte Davy aus dem Schmelzen geriebener Eissti
indem diese sonst so viele Wärme hätten verlieren müssen
aus ihnen entbunden wurde, Rumford aber fand, daf
specifische Wärme abgeschabter Metalltheile der des mas
Metalls gleich sey, und auch diese konnten daher die erz
Wärme nicht abgeben. Die Einwendungen, welche H
hiergegen macht, können nur dazu dienen, die Argumen
schwächen, keineswegs aber sie ganz zu entkräften. Es
sich allerdings dagegen anführen, dafs unsere Thermometer
die relativen, keineswegs aber die absoluten Wärmemenge
geben, und dafs wir zwar Mittel zur Bestimmung der vers
denen Wärmecapacitäten und zur Nachweisung des Latent
dens der Wärme haben, aber keine, die zur Ausmittelun
absoluten Wärmemengen genügen, wodurch dann allerding
Schlufs, es könne eine so bedeutende Menge Wärme
Reiben aus den Körpern nicht entbunden werden, wanken
macht wird. Allein es läfst sich dennoch nicht verke
dafs die Auffindung der eigentlichen Quelle, die unaufh
bei fortgesetztem Reiben eine so prodigiös scheinende Wä
menge hergiebt, und die Nachweisung der Aetiologie einer
chen Production im höchsten Grade schwierig ist, sobald
nach der Hypothese eines materiellen Wärmestoffes blof
Quantitative desselben berücksichtigt.

Dagegen erklärt sich Henry als Anhänger eines mat
len Wärmestoffes aus mehreren, nach seiner Ansicht ents
denden Gründen. Zuerst erweitert die Wärme den Raum
derer Körper und mufs daher selbst einen Raum einne
oder ausgedehnt seyn, woraus dann ihre Undurchdringlic
von selbst folgt. Ein Gewicht derselben ist zwar durc
Versuche von Büffon, Whitehurst, Fordyce, Picte
Rumford nicht gefunden worden, aber damit die Nichtmate
tät derselben ebenso wenig erwiesen, als für den Lichtstoff
ein gleiches Verhalten desselben. Auf jeden Fall zeigt zw
die Wärme chemische Wirkungen und mufs daher ma
seyn. 1) Die charakteristischen Kennzeichen der Wärme
schwinden, sobald sie Formänderung in andern Körpern
vorgebracht hat. 2) Hierbei ist eine gewisse Wahlverw
schaft unverkennbar, indem sich in hoher Temperatu

Digitized by Google

Wärme nur mit dem einen Antheile der Metalloxyde verbindet und diesen abscheidet, auch bei einigen Stoffen frei, bei anderen gebunden wird. 3) Bei einigen Stoffen wirkt die Wärme durch doppelte Wahlverwandtschaft, z. B. bei der Zersetzung des Wassers durch Eisen. 4) Die Wärme dient zuweilen als Scheidungsmittel, z. B. bei der Verbindung des Kohlenstoffs mit Sauerstoff, die nur in grofser Hitze erfolgt. Henry sucht dann zugleich darzuthun, dafs die Capacität der Wärme nach Rumford's Theorie von ihrer Verwandtschaft verschieden sey, wie aus der Dampfbildung aus Aether hervorgeht, indem dieser auf die chemische Affinität der Wärme zum Aether zurückführt, die daher so stark verschluckt wird, dafs dadurch plötzliche Erkältung entsteht. Somit hat also die Wärme alle Qualitäten der Materie, aufser der Schwere, und wir sind daher berechtigt, sie für eine Materie eigenthümlicher Art zu halten. Hierfür entscheidet namentlich auch der Umstand, dafs Bewegung ohne etwas Materielles unstatthaft ist, und da nach Rumford die Wärme durch die Torricelli'sche Leere dringt, in welcher nichts vorhanden ist, was die Wärme fortpflanzen könnte, so mufs die Wärme selbst etwas Materielles seyn.

Wären hierbei die Prämissen vollständig begründet, dafs die Wärme den leeren Raum wirklich durchdringt, in der Torricelli'schen Leere aber überall nichts Materielles vorhanden ist, so wäre dieses Argument unwiderleglich begründet; allein eigentlich die Abwesenheit aller Materie in der Torricelli'schen Leere dürfte mit siegreichen Waffen angegriffen werden und überdem könnten die Gegner sich durch die Annahme helfen, dafs die den leeren Raum einschliefsende Hülle die Bewegung fortpflanze. Wir werden auf diesen Gegenstand später wieder zurückkommen.

14) Berthollet[1], durch die vielen Gründe für einen materiellen Wärmestoff bewogen, erklärt sich gegen Rumford's Meinungen und leitet die erzeugte Wärme aus der Compression der geriebenen Körper ab, ohne jedoch die Resultate der Versuche mitgetheilten, dieses sehr unwahrscheinlich machenden Berechnung gehörig zu widerlegen. Einen schätzbaren Beitrag zu den Untersuchungen über Wärmeentbindung durch Reiben

1 Statique chimique. T. I. p. 247.

Digitized by Google

hat aber HALDAT[1] geliefert, welcher verschiedene Metalle ungleichen Geschwindigkeiten, mit gröfserem und gering Drucke, mit rauher und glatter Oberfläche, mehr oder we gegen Wärmeleitung geschützt, auch elektrisch isolirt oder tend mit der Erde verbunden, an einander rieb. Die Ha resultate, welche aus zehn Versuchen hervorgehn, wo allerdings die eigentliche Aufgabe nicht gelöst wurde, sind fser der Bestätigung der unerwartet grofsen, durch Reiben zeugten Menge von Wärme hauptsächlich folgende. Die Q tität der Wärme hängt nicht von der Dichtigkeit der K ab; denn Blei gab nicht mehr Wärme, als Kupfer, und Metalle gaben weniger als Zink. Die Rauhheit der gerie Fläche zeigte keinen vermehrenden Einflufs, vielmehr wa erzeugte Wärmemenge in einem Versuche, wobei der rei Körper nach Art einer Feile eingeschnitten wurde und Sp abrieb, um die Hälfte geringer, als wenn dieselben Flä bei gleicher Geschwindigkeit und gleichem Drucke, anfan glatt durch das Reiben selbst Politur erhielten. Hieraus man mit Recht folgern, dafs die in RUMFORD's Versuchen geriebenen Spähne die erzeugte Wärme nicht hergaben. D Vermehrung des Druckes wuchs dagegen die Menge der vorgebrachten Wärme bedeutend, denn in zwei übrigens chen Experimenten erzeugte der Druck von 40 Kilogra 6mal so viel Wärme, als von 10 Kilogrammen[2]. Hi scheint hervorzugehn, dafs die Wärme aus den Körpern d Compression derselben ausgeschieden werde, allein hierg streitet das Resultat eines Versuches, in welchem ein Me draht durch starke Hammerschläge Bandform erhielt. Sein cifisches Gewicht war dadurch nicht so viel verändert, die hydrostatische Waage den Unterschied anzeigte, doch schieden seine vermehrte Elasticität und Sprödigkeit für gröfserte Dichtigkeit, allein die dadurch erzeugte Wärmem soweit der Versuch eine mefsbare Vergleichung gestattete, geringer als die durch Reibung hervorgerufene. Dieses Re tat findet HALDAT nicht mit Unrecht so bedeutend, da

---

1 Journal de Phys. T. LXV. p. 213.

2 Es wäre wohl der Mühe werth, durch neue Versuche d Art das Verhältnifs des vermehrten Druckes zu den erzeugten W memengen auszumitteln.

Digitized by Google

scheint, man könne kaum umhin, der Hypothese Rumford's beizupflichten, wenn nicht die Argumente für einen materiellen Wärmestoff allzugewichtig wären, weswegen eine endliche Entscheidung der eigentlichen Frage noch zur Zeit, und bis neue Versuche die Summe der Thatsachen vermehrten, unzulässig sey. Wolle man die Wärme aus der Compression ableiten, so bleibe dunkel, warum geriebene elastische Metalle, z. B. Zink, bei ihrer Wiederausdehnung nicht gleiche Quantitäten Wärme verschluckten. Werde die Wärme durch Reiben ausgeschieden, so sey damit noch nicht ausgemacht, ob sie aus den geriebenen oder aus den umgebenden Körpern ihren Ursprung erhalte. Im ersten Falle müfste sie der Dichtigkeit umgekehrt proportional seyn (?) und sich erschöpfen; im zweiten müfste die leichtere Zuleitung einen Einfluss ausüben, was jedoch gegen seine eigenen und andere frühere Versuche streite. Wolle man aber die Wärme alle in Vibrationen suchen, so müfste ihre Menge durch Condensation abnehmen, und sich vorzüglich ein gewisses Verhältniss zur Dichtigkeit und hauptsächlich zur Elasticität der geriebenen Metalle zeigen. Sonach genüge weder die eine noch die andere Hypothese, um die obwaltenden Zweifel zu lösen.

15) Die bisher genannten Anhänger der Undulationstheorie bestreiten jede Art der Materialität des Wärmestoffes, indem sie auch das Vorhandenseyn eines die Erscheinungen erzeugenden und bedingenden Aethers in Abrede stellen. Hiernach dürften sie eigentlich die Phänomene der Wärme nicht mit denen des Lichts in Parallele stellen, indem diese letzteren von den Undulationen eines unleugbar materiellen Lichtäthers abhingen, sondern sie könnten allein mit denen des Schalles verglichen werden. Zu den Vertheidigern dieser Ansicht, wonach also die Wärmeerscheinungen blofs aus Bewegungen derjenigen Körper bestehn, bei denen dieselben wahrgenommen werden, gehört auch Paulsen [1], welcher das gesammte Verhalten der Wärme auf ursprüngliche oder mitgetheilte Bewegung der Körpertheilchen zurückführt, jedoch mit minder scharfer Auffassung der Thatsachen, als diese durch Mohr mitgetheilt ist, wie oben bereits erwähnt wurde. Es scheint mir daher auch weniger geeignet, die von ihm gegen die Materialität der

1 De caloris theoria, qua vibrationis vel motus systema contra systema materiale defenditur. Gott. 1821.

Digitized by Google

Wärme aufgestellten und für die von ihm vertheidigte An
beigebrachten Gründe hier einzeln zu prüfen, weil das G
darauf hinausläuft, der Wärme die Materialität abzuspre
weil ihr die Schwere, Ausdehnung und Undurchdringlic
fehlt, die Ursache der Wärmephänomene dagegen in ein
genthümliche Bewegung der Körpertheile zu setzen und
Bewegung nach der Verschiedenheit der Wärmephäno
verschieden modificirt zu nennen. Wesentlich verschieden
dieser Hypothese ist eine ihr insofern ähnliche, als
gleichfalls die Materialität der Wärme in Abrede gestellt
Nach Wünsch[1] soll es eine *positive* Wärme geben, di
einer positiv oscillirenden Ausdehnung der Körpertheilche
ruht, so wie eine *negative*, die nichts weiter als eine os
rende Zusammenziehung der sinnlich wahrnehmbaren M
seyn soll. Um dieses zu begreifen, soll man nur den Sat
Augen haben, dafs die bald gröfsere, bald kleinere Ausdeh
der in mancherlei Art verschiedenen Materien, welche zu e
lei Wärmeenergie gehört, von der bald stärkeren, bald sc
cheren Cohäsion und Gravitation ihrer Theile abhängt;
dafs die Cohäsion der Ausdehnung direct oder umgekehrt
portional seyn solle, streitet gegen die Erfahrung, und
Verschiedenheit der Gravitation gegen den erwiesenen Satz,
alle Materie gleich schwer ist.

16) Es läfst sich sehr sachgemäfs eine Theorie hier
reihen, welche gleichfalls Undulationen annimmt, aber m
cirte, und diese genauer bestimmt, ohne sich mit der bl
Bezeichnung der Phänomene durch das Wort Bewegun
begnügen. Ampère gab diese Hypothese zuerst in ihren a
meineren Umrissen[2], führte sie aber nachher weiter
Hiernach erklärt er sich dahin, dafs zuerst die sogenannte s
lende Wärme sich in ihrem Verhalten dem des Lichtes
gleich zeige und daher auch auf ähnliche Vibrationen zur
geführt werden könne, dafs aber ein merklicher Unters
hervortrete, wenn die Wärme von dem heifsern Ende
Körpers sich an das kältere begebe, denn statt einer We
bewegung, wobei die undulirende Flüssigkeit im Augen

1 G. XXVI. 337.

2 Bibliothèque univ. 1832. T. XLIX. p. 225.

3 Ann. de Chim. et Phys. T. LVIII. p. 432. Lond. and E
Phil. Mag. N. XLI. p. 342.

Digitized by Google

des Fortschreitens der Welle unbewegt bleibe, habe man eine gradatim fortschreitende Bewegung, indem die ursprünglich wärmere Stelle zwar erkalte, aber stets wärmer bleibe, als die Theile, denen sie Wärme mittheile. Weil jedoch ein Körper, an der einen Stelle durch die Sonnenstrahlen erhitzt, seine Wärme den übrigen Theilen zuführe, so könne man das Licht und die Wärme dieser Strahlen nicht aus Wellenbewegungen leiten, ohne zuzugestehn, dafs auch die Verbreitung der Wärme im Körper durch Undulationen geschehe; ein Schlufs, dessen Richtigkeit nicht sofort einleuchten dürfte. Ampère unterscheidet, was auch im Allgemeinen wichtig ist, bisher aber noch keineswegs ausgebreiteten Beifall gefunden hat, rücksichtlich der Zusammensetzung der Körper *Partikeln*, *Molecüle* und *Atome*. Die Theilchen (particules) haben ihrer Kleinheit ungeachtet die Aggregatform der Körper, zu denen sie gehören, sind entweder starr, tropfbar-flüssig oder gasförmig, und bestehn aus Molecülen, die in gewissen Abständen von einander gehalten werden: 1) durch die den Atomen eigenthümlichen attractiven und repulsiven Kräfte, sofern sie ihre Wirkung bis zu derjenigen Entfernung erstrecken, in welcher die Molecüle zu Partikelchen vereinigt sind, 2) durch die Repulsion, welche die Vibrationen des zwischen den Partikelchen befindlichen Aethers bewirken, und 3) durch die der Materie eigenthümliche Attraction. Die Molecüle sind dann ferner eine Verbindung von Atomen und werden durch die den Atomen eigenthümlichen attractiven und repulsiven Kräfte zusammengehalten. Letztere sind so überwiegend stark, dafs dagegen die der Molecüle als unmerklich erscheinen können. Atome endlich sind materielle, mit attractiven und repulsiven Kräften versehene Puncte. Daraus folgt, dafs die Molecüle ihrem Wesen nach fest sind, welche auch die Aggregatform des Körpers seyn mag, wozu sie gehören, und dafs sie Polyeder bilden, an deren Spitzen sich Atome oder eine gewisse Anzahl Atome befinden und welche von den Krystallographen primitive Gestalten der Körper genannt werden. Der Uebergang der Körper in den verschiedenen Aggregatzustand besteht in weiter nichts, als in einem verschiedenen Abstande ihrer Molecüle von einander, wobei ihre anziehenden und abstofsenden Kräfte zum Gleichgewicht kommen, beim Uebergange zur Festigkeit aus dem tropfbar-flüssigen Zustande vereinigen sich jedoch mehrere Molecüle zu zusammen-

Digitized by Google

gesetzteren. Durch mechanische Mittel können blofs die
tikeln getrennt werden, die aus den Vibrationen der A
entstehende Kraft vermag die zusammengesetztern Mol
eines festen Körpers in einfachere, wie sie in tropfbar-flüs
und gasförmigen Körpern vorhanden sind, zu zerlegen un
chemischen Kräfte vermögen auch diese letztern zu tren
Dafs die Atome keiner weitern Theilung fähig sind, lie
der Natur der Sache.

Ampère unterscheidet dann Vibrationen der Molecüle
der Atome. Die erstern bestehen aus Näherungen und Entfe
gen der Molecüle, die letztern finden ohne Unterbrechung
indem die Atome sich stets abwechselnd einander nähern
von einander entfernen, ohne aufzuhören, dem nämlichen
lecüle anzugehören. Zu den erstern gehören die Schallsch
gungen, die letztern erzeugen für sich und vermöge ihrer
pflanzung durch den Aether die Erscheinungen des Licht
der Wärme. Da keine Vibrationen ohne den Zustand
stabilen Gleichgewichts zwischen anziehenden und abstofs
Kräften statt finden können, so setzen die Vibrationen
Atome diese gleichfalls voraus, und zugleich mufs bei verä
tem Abstande die Repulsivkraft schneller wachsen und al
men, als die Attractivkraft; auch könnten beide Kräfte als
einzige gedacht werden, deren mathematischer Ausdruck
gegengesetzte Zeichen haben müfste. Besteht aber die W
aus solchen Vibrationen der Atome, so kann sie nicht m
hierzu nothwendigen Repulsivkraft identisch seyn.

17) Wie man auch diese Theorie eines berühmten
lehrten würdigen mag, so steht ihr auf jeden Fall ent
dafs sie durchaus willkürlich ist und einer ursprünglich
Basis ermangelt. Eben diese Willkür in Aufstellung
Hülfshypothesen gewahrt man auch bei den Anwendungen
selben auf die einzelnen Phänomene. Da die Wärme in
Körpern stets vorhanden ist, so müfste man schon im
eine von Ewigkeit her bestehende unausgesetzte Bewegung
tuiren, ohne dafs die beiden Kräfte sich jemals zu einer r

---

1 Dieser Satz hängt mit einem anderweitig bekannten, aber
von Ampère in Ann. des Mines 1814 aufgestellten zusammen,
nämlich in gleichen Volumen verschiedener Gasarten unter glei
Druck und bei gleicher Temperatur gleiche Mengen von Mole
enthalten sind.

Digitized by Google

len Mittelkraft vereinigten, wozu wir in der Natur kein Ana-
gen finden. Ampère nimmt dann zweierlei Vibrationen an,
erst wenn die (dunkle) Wärme sich in den Körpern bewegt,
d zweitens die strahlende Wärme, welche nach seiner Mei-
ng nicht vom Lichte unterscheidbar ist, indem das Licht aus
häufigen und intensiven Wellen besteht, dafs diese die Feuch-
keiten des Auges zu durchdringen vermögen, so wie die
rme der Glühhitze solche Körper, als Wasser, Glas u. s. w.,
dringt, die für die dunkle Wärme undurchdringlich sind.
r werden noch öfter Gelegenheit haben, auf das Verhältnifs
schen Licht und Wärme zurückzukommen, welche nament-
h auch Biot dem Wesen nach für identisch hält, wollen
hier nur vorläufig bemerken, dafs auch die dunkle Wärme
ßt, der Unterschied der Intensität zwischen Weifsglühhitze
d dunkler Wärme aber bei weitem so grofs nicht ist, als
schen dem hellsten Sonnenlichte und dem schwächsten,
in völliger Dunkelheit sehr reizbaren Auge noch wahr-
mbaren Scheine phosphorescirender Körper, und dennoch
das Licht in allen seinen Abstufungen die nämlichen, blofs
Intensität verschiedenen Eigenschaften, so dafs man nicht
begreift, wie die Wärme, zuerst mit Licht identisch,
nachweisbaren Grund in ein anderes Wesen von durch-
verschiedenem Verhalten übergehen sollte. Ampère ver-
cht übrigens das verschiedene Verhalten der Wärmewellen
dem des Schalles, wobei dem Wesen nach die Wellen der
hlenden Wärme denen des Schalles ganz ähnlich, die der
Körpern fortgehenden aber solchen Schallwellen ähnlich seyn
en, die entstehen würden, wenn die Vibrationen mehrerer
r nahe bei einander befindlicher und auch wohl in eine
lle eingeschlossener tönender Körper sich wechselseitig be-
gten und durch die eingeschlossene Hülle bedingt würden.

18) Die Hypothesen der eigentlich so genannten *Natur-*
losophen, wie sie in den beiden ersten Decennien dieses
hunderts aufgestellt wurden, übergehe ich mit Stillschwei-
n, weil sie in allzu allgemeinen Ausdrücken abgefafst sind,
dafs sie den Erscheinungen im Einzelnen genau angepafst
d hierdurch geprüft werden könnten; Erwähnung verdient
doch eine Ansicht, welche aus einigen Lehrsätzen Kant's
genommen eine geraume Zeit lang viele Anhänger erhielt.
Der mit Recht gefeierte Königsberger Philosoph glaubte bewie-

Digitized by Google

sen zu haben[1], dafs die Materie selbst, und zwar ihrem We
nach und in Beziehung auf ihre Existenz, durch zwei Krä
die Dehnkraft und Ziehkraft, bedingt, gleichsam erst gege
werde. Aufser dem Aufsehen, welches diese neue Lehre
den Physikern erregte, mochte wohl die sofort nachfolge
Bekanntwerdung der erwähnten Versuche Rumford's
Davy's dazu mitwirken, die bis dahin ziemlich allgemein h
schende Ansicht von der Materialität der Wärme und des Li
tes in Zweifel zu ziehn, und da der Reformator der bis da
gangbar gewesenen philosophischen Systeme von den specu
tiven Philosophen so allgemein gepriesen wurde, die gleich
wetteiferten, sich in ihrem Lobe zu überbieten, so glaub
viele, namentlich jüngere Physiker, durch Auffindung der bei
entgegenwirkenden Grundkräfte sey die schwierige Aufg
über das Wesen der Materie und die letzten Gründe aller
scheinungen in der Körperwelt endlich gelöset; wobei jed
nicht zu übersehen ist, dafs diese Ansicht blofs in Deutschl
Vertreter fand. Es würde überflüssig seyn, die grofse Z
der Anhänger dieser sogenannten *dynamischen Theorie*
Naturerscheinungen aufzuzählen, und es wird daher genüg
nur F. Hildebrandt[2] zu nennen, welcher diese Hypoth
auf die gesammte Naturlehre anzuwenden versuchte. Hiern
existirt keine materielle Grundlage weder des Lichts noch
Wärme, sondern „die Dehnkraft, welche in ihrem freien Z
„stande uns als Licht erscheint, kann, in der Sphäre ihrer V
„breitung Körper antreffend, von der Materie aufgehalten
„angenommen werden, mit ihr sich verbinden und an ihr h
„ten. In diesem Zustande bewirkt sie das, welches wir Wä
„nennen. Die Wärme ist demnach die an der Materie sc
„haftende Dehnkraft, in ihrem Ursprunge mit dem Li
„identisch, aber in ihrem Zustande von dem Lichte wesentl
„verschieden."

Es ist in der That unbegreiflich, wie die deutschen Ph
siker, bei ihren sonst nicht unbegründeten Ansprüchen auf
Credit des Scharfsinns, sich eine so auffallende *petitio princ*

---

1 Vergl. Art. *Materie*. Bd. VI. S. 1410.

2 Anfangsgründe der dynamischen Naturlehre. Erlang. 1807
Speciell S. 533. Vergl. Alex. Nicol. Scherer Bemerkungen über
Natur des Wärme- und Lichtstoffs. In: Nachträge zu den Grund
gen der neuern chem. Theorie. Jena 1796. 8.

Digitized by Google

Schall und Wall sind, wie gesagt, Bewegungsformen der Kraft. Wenn wir die Kraft, die Bewegungsformen annimmt, Wissen nennen, so ist Wissen = Schall + Wall. Wissen ist also Kraft, die Schall und Wall ist. Wissen ist Kraft, die Bewegungsformen annimmt. Wissen ist Kraft, die Bewegungsformen annimmt, die Schall und Wall sind

kommen ist. Diese Kräfte müssen aber die eigentlichen Gr
kräfte der körperlichen Natur ausmachen, weil sie unersch
lich sind, sofern die Fähigkeit, durch Vertheilung Elektr
zu erhalten und zu leiten, so wie auch durch Stofs und D
Wärme zu entwickeln, ohne Aufhören fortdauert.

19) Aus diesen, in solcher Allgemeinheit und Unbestim
heit aufgestellten Kräften lassen sich dann leicht die einz
Wirkungen der Wärme, dafs sie ausdehnt, allen Körpern
ist, fortgeleitet wird, den Zustand der Flüssigkeit und Da
form erzeugt, durch chemische Verbindungen frei wird u. s
ableiten, was jedoch im Einzelnen hier mitzutheilen zwec
drig seyn würde. Zur Begründung und Erläuterung führt O
STED Thatsachen an, die bei dem unermefslichen vorhand
Schatze aufzufinden einem so kenntnifsreichen Gelehrten
schwer werden konnte. Gegenwärtig hat sich inzwischen
Zustand der gesammten Naturforschung so wesentlich geän
namentlich wohl, mindestens vorzugsweise, durch Auffin
der optischen Gesetze, dafs es keiner ausführlichen Wide
gung dieser Theorie bedarf. Kaum einige Aufmerksamkeit
verdienen einige sonstige Hypothesen, von denen es wohl
zu hart geurtheilt ist, wenn man sagt, dafs sie auf blo
Worten ohne scharf bestimmten Sinn beruhn. Dahin ge
die durch v. ARNIM[1] aufgestellte, wonach die Wärme bl
Ausdehnung seyn soll, so wie die von BUNZEN[2], welcher
Wärme durch Vereinigung eines Positiven und Negati
entstehen läfst und für nichts anderes als einen Indifferenzpu
hält, endlich hauptsächlich die kaum zu entziffernden Aeufse
gen SERTÜRNER's[3].

Bei weitem die meisten und man darf wohl sagen die
wiegtesten Physiker nehmen einen materiellen, obwohl hö
feinen, ätherischen Wärmestoff an, welcher in gewissen qu
titativen Verhältnissen in den Körpern vorhanden ist und d
diese seine blofse Anwesenheit, aufserdem aber durch seinen
bergang von einem Körper zum andern, die bekannten Wär
erscheinungen hervorbringt, die man aus dieser Hypothese
erklären und grofsentheils durch mathematische Ausdrücke se

1 G. V. 57. Dessen Theorie d. el. Erscheinungen. S. 93.
2 Beitrag zu einer künftigen Physiologie. Kopenh. 1805. S.
G. XXV. 147.
3 G. LXIV. 80.

Digitized by Google

zu bestimmen gesucht hat. Schon die Annahme eines absoluten Nullpunctes zur Bezeichnung der Abwesenheit aller Wärme ist, genau genommen, nur mit dieser Hypothese verträglich, sofern dabei ein gewisses Quantitatives als statt findend vorausgesetzt wird. Unter den vielen Autoritäten nur die wichtigsten zu nennen würde überflüssig seyn, da sie bei den hier zu erörternden, ganz auf diese Hypothese gebauten, Untersuchungen vorkommen müssen. Es wird daher genügen, blos einige Hauptmomente zu bezeichnen.

20) Die Anhänger der Hypothese eines vorhandenen Wärmestoffes lassen sich füglich in zwei Classen theilen. Einige derselben, deren Zahl und Gewicht keineswegs gering ist, halten die Wärme für modificirtes Licht und müssen daher, sofern sie gegenwärtig die Undulationstheorie in der Optik für genügsam begründet ansehn darf, annehmen, dafs der überall verbreitete Lichtäther eine solche Modification erleide, vermöge welcher er die Wärmephänomene hervorzurufen vermag. Da das Licht allerdings die bedeutendste Quelle der Wärme ist, indem letztere allezeit durch ersteres hervorgerufen wird, so fällt die Frage über Identität oder Verschiedenheit beider offenbar mit der Untersuchung der Art, wie die Wärme durch Licht erregt wird, und des Verhältnisses beider gegen einander zusammen, weswegen es am zweckmäfsigsten scheint, diese Aufgabe bis dahin zu verschieben, wo diese Frage zur nähern Untersuchung kommt. Andere, gleichfalls nicht wenige und gewichtige Physiker halten die Wärme für ein Wesen eigner Art, welches zwar an sich und in seinem Verhalten Aehnlichkeit mit dem Lichte hat, aber keineswegs eine so grofse und auffallende, dafs man eine blofse Modification annehmen dürfte. Diese letztere Ansicht wollen wir hier etwas näher untersuchen.

21) Gegen die erwähnte Hypothese, wonach die Wärme eine blofse Kraft oder das Resultat gewisser Vibrationen der Körper und Körpertheilchen seyn soll, hat sich vorzüglich J. T. Mayer[1] erklärt. Dem damals sehr allgemein aufgestellten Einwurfe gegen Materialität des Wärmestoffes, dafs demselben die Schwere fehle, setzt er das Argument entgegen, dafs diese Eigenschaft noch gar nicht als eine nothwendige Bedingung

1 Commentationes Soc. Reg. Sc. Gott. ad A. MDCCC—III. Vol. XV.

Digitized by Google

der Materie nachgewiesen sey, indem es so feine Stoffe könne, deren Gravitation sich nicht nachweisen lasse. Au dem sey die Wärme überall vorhanden und daher eine gung unmöglich, weil diese in einem absolut wärmel Raume geschehn müsse. Die Versuche des Grafen Rum hätten zwar allerdings einen grofsen Schein, allein da s umgebender Luft und in Verbindung mit Körpern ange wurden, in denen Wärmestoff vorhanden war, so könne annehmen, dafs die geriebenen Körper aus dieser unersch lichen Quelle stets aufs Neue die nöthige Wärme entnon hätten und daher selbst als unerschöpfliche Wärmequellen schienen wären. Hiernach müsse man also annehmen, daf Wärme in den geriebenen Körpern blofs frei gemacht, der gang aber sofort aus der unerschöpflichen Menge der umge den Körper durch eine gewisse Attractivkraft wieder ersetzt wo sey. Auf ähnliche Weise ändere sich die specifische W der Körper nur unbedeutend, wenn sie nicht in einen an Aggregatzustand übergingen, in welchem Falle sie eine M Wärme anzögen, die in ihnen gleichsam verschwände [1]. Freiwerden der Wärme durch mechanische Mittel und gleichzeitige Aufnehmen derselben in Folge eines, dem ch schen ähnlichen, Anziehungsprocesses findet Mayer schwer zu erklären. Gegen die Undulationstheorie der W findet er einzuwenden, dafs die Anhänger derselben die eig liche Beschaffenheit der angenommenen Vibrationen, und welche Weise die verschiedenen Erscheinungen der W aus ihnen hervorgehen müssen, nirgends deutlich und besti angeben. Insbesondere zeige sich ein auffallender Unters zwischen der Mittheilung einer Bewegung und dem Uebergа der Wärme. Ein schallender Körper verliere keineswegs jenige Bewegung, welche er den umgebenden Körpern mitth sondern komme durch die in ihm selbst befindlichen Hin nisse allmälig zur Ruhe, statt dafs die abgegebene Wä quantitativ der aufgenommenen gleich sey. Wolle man Unterschied der Schallschwingungen von denen, welche Wä

1 Mayer und mehrere ältere Physiker finden ein ähnliches halten bei der Elektricität, die durch Reiben stets erzeugt aus Erde wieder ersetzt werden soll; allein die elektrischen Phänom beruhen bekanntlich nur auf einer Zerlegung des 0 E in seine bei Potenzen + E und — E und auf einer Wiedervereinigung dieser.

Digitized by Google

zeugen sollen, darein setzen, dafs die letzteren den kleinsten Theilchen der Körper zugehörten, so kämen wir wieder zu den Hypothesen des CARTESIUS zurück, wonach die verschiedenen Qualitäten der Körper aus verschiedenen Bewegungen der Elemente erster, zweiter und dritter Ordnung erklärt werden. Wie sehr dagegen die Hypothese von einem materiellen Wärmestoffe den Erscheinungen angemessen sey, zeige besonders die Anwendung derselben auf die Gesetze der Wärmeleitung, wovon später die Rede seyn wird.

22) PREVOST[1], welcher viel im Gebiete der Wärmelehre gearbeitet hat, nimmt einen Wärmestoff (Calorique) an, und denkt sich denselben als eine sehr feine Flüssigkeit, deren Elemente stets in entgegengesetzter Bewegung sind. Nach ihm ist es dann nicht sowohl diese Flüssigkeit selbst, als vielmehr die Verschiedenartigkeit der Bewegung, woraus die einzelnen Erscheinungen erklärbar werden, namentlich die sogenannte Wärmestrahlung[2]. Es wäre nicht die Mühe lohnend, die vielen Versuche und Schlüsse hier zu wiederholen, welche Prevost in einer ausführlichen Abhandlung[3] zusammengestellt hat, um die Materialität des Wärmestoffs darzuthun, da so viele seiner Behauptungen gegen anerkannte Naturgesetze streiten. Auch HARE[4] beschränkt sich, so wie URE[5], blofs auf die bekannten Beweise, und im Ganzen ist dieses auch der Fall bei den ausführlichen Untersuchungen, welche SOCQUET[6] dieser Frage gewidmet hat, jedoch führen ihn diese zu dem Resultate, den Wärmestoff für eine eigenthümliche Materie zu halten, welche den Attractionsgesetzen folgt, aus welcher dann die meisten Aeufserungen derselben von ihm abgeleitet werden. HARE macht namentlich das Argument geltend, dafs die Bewegung zweier Massen nach dem Stofse $C = \frac{MC + mc}{M + m}$

---

1 Recherches sur la Chaleur. Genève 1792. 8. Vergl. Phil. Trans. 1792. p. 444.

2 Bibliothèque univ. T. XXVI. p. 309.

3 Journal de Physique. T. XLIX. p. 172.

4 Silliman Amer. Journ. 1822. T. IV.

5 Dictionary. Art. Caloric.

6 Essay sur le calorique, ou recherches sur les causes physiques et chimiques des phénomènes que présentent les corps soumis à l'action du fluide igneé cet. Par. ann. IX. 8.

Digitized by Google

seyn müsse. Besteht aber die Wärme aus Bewegung, so n
durch Vereinigung von Wasser und Quecksilber eine m
Temperatur beider hervorgehn, wogegen aber ganz entgeg
setzt das schwerere Quecksilber mehr, das leichtere Wasser
niger Wärme erhalte. Keine mitgetheilte Geschwindigkeit k
gröfser seyn, als die ursprüngliche, und dennoch erze
heifse feste Körper die prodigiöse Geschwindigkeit, die
den expandirten Dämpfen beizulegen gezwungen sind;
könne die Wärme, als blofse Bewegung gedacht, den l
Raum nicht durchdringen, eine Kraft ohne materielles Sub
tum sey undenkbar.

Gegen diese Zurückführung der hauptsächlich auch
misch wirkenden Wärmephänomene auf einfache Bewegu
gesetze erklärte sich Olmsted[1], obgleich selbst Verthei
der Hypothese von einem materiellen Wärmestoff. Ri
wird von diesem bemerkt, dafs die Wärmeundulationen
Davy's Ansicht Bewegungen der kleinsten Theilchen in
mefsbare Fernen, also mit denen der Massen in mefsbare
stände unvergleichbar sind. Aufserdem sind jene rotato
oder vibratorisch, diese dagegen geradlinig. Wenn aber O
sted seine Widerlegung auch darauf gründet, dafs bei der
genommenen undulatorischen Bewegung eine Berührung
Körpertheilchen nicht zugleich bedingt sey, so läfst sich l
aus ein Argument gegen die Vibrationshypothese hernehr
sofern eine Mittheilung der Bewegung ohne Berührung und
Abwesenheit jedes Zwischenmittels unvorstellbar erschei
dürfte. Diesem Argumente begegnet aber Olmsted durch
Voraussetzung, die dasselbe zwar nicht eigentlich zu entfern
wohl aber zur Seite zu schieben vermag, indem er die Fr
aufwirft, warum die Wärmeundulationen nicht ebenso gut den l
ren oder eigentlicher nur den luftleeren Raum durchdrin
sollten, als die von der Sonne ausgehende, die Erde in il
Bahn erhaltende Gravitation. Es genügt jedoch hierüber
bemerken, dafs man unmöglich die Wärme mit der Gravitat
in Parallele setzen kann, denn eine *specifische Schwere* im
gentlichsten Sinne (nicht specifisches Gewicht), so wie e
latente Schwere ist ein mit der Erfahrung unvereinbarer B
griff, aber die specifische und latente Wärme sind auf kei

1 Silliman Amer. Journ. T. XI. p. 357. T. XII. p. 11. 50. 358.

Digitized by Google

Weise in Abrede zu stellen. Hiernach dürfen wir, nach Olmsted, über das Wesen der Uragentien, als namentlich Anziehung, Wärme, Licht, Elektricität und Magnetismus, uns keine Bestimmung erlauben, wenn wir gleich zur Bequemlichkeit die letzteren als Flüssigkeiten betrachten.

23) Ueberblicken wir die gesammten Wärmephänomene und versuchen wir es, sie einer allen genügenden Hypothese anzupassen, so können wir nicht wohl umhin, einen eigenen Wärmestoff (*caloricum*; calorique; *caloric*) als materielles Wesen anzunehmen. Der einzige allgemeine dagegen aufgestellte Einwurf, dafs sie nicht wägbar sey, ist offenbar nichtig, weil er von der *petitio principii* ausgeht, dafs alle Materie wägbar seyn müsse, was *a priori* nicht behauptet werden kann und wogegen, auf die Erfahrung bezogen, eben die Imponderabilien einen Beweis abgeben würden. Dabei ist obendrein zu berücksichtigen, dafs bis jetzt die Unwägbarkeit der Wärme noch keineswegs dargethan ist, obschon es Niemanden gelingen wollte, sie zu wägen, wie im folgenden Abschnitte gezeigt werden soll. Die Vibrationstheorie der Wärme ist bis jetzt durch Niemanden hinlänglich begründet worden, wie J. T. Mayer dargethan hat, und in der angegebenen Allgemeinheit und Unbestimmtheit schwerlich einer genügenden Begründung überall fähig. Man mufs dabei entweder in Gemäfsheit der Aehnlichkeit mit den Lichtphänomenen einen eigenthümlichen Aether annehmen und gesteht damit die Materialität des Wärmefluidums ebenso zu, als die des Lichtäthers allgemein zugestanden wird, oder die Wärmephänomene als Wirkungen des modificirten Lichtäthers selbst betrachten. Der Versuch, eine Analogie zwischen dem Schalle und den Wärmephänomenen aufzufinden, ist auf keine Weise mit einer scharfsinnigen Prüfung der Thatsachen vereinbar. Die *Schallschwingungen* eines tönenden Körpers erfordern durchaus freie Beweglichkeit und die Berührung, selbst die leiseste, hebt sie auf, ein erhitzter Körper dagegen verliert von seiner Wärme durch das festeste Einschliefsen nichts, aufser was quantitativ von ihm an die Hülle abgegeben wird, ja durch heftigstes Pressen wird Wärme sogar ausgeschieden, was dem zu vergleichen wäre, wenn eine Stimmgabel durch allseitiges Festklemmen ihrer Zinken in einem Schraubstocke zu tönen beginnen sollte. Wollte man diesen Einwurf durch die Annahme beseitigen, dafs die

Digitized by Google

Bebungen blofs in den kleinsten Theilchen statt fänden, mit Ampère's Hypothese übereinstimmen würde, so ist es der einen Seite bedenklich, nach der unklaren Ansicht den ten die Naturerscheinungen auf das Verhalten der klei Theile zurückzuführen, von der andern Seite aber zeigt die Volumensvermehrung der Körper durch Wärme, dafs blofs die kleinsten, sondern auch die Theile der Körper haupt durch die Wärme afficirt werden. Vor allen D sind die Erscheinungen der specifischen Wärme, so wie welche dem *Richmann'schen Gesetze* zum Grunde liegen, J. T. Mayer[1] mit Undulationen ganz unvereinbar, und z offenbar einen Austausch eines materiellen Stoffes nach qu tativen Verhältnissen, da es in der That unvorstellbar ist, wenn man die höheren Temperaturen als blofse Vermehru der Schwingungsmengen betrachten wollte, dafs z. B. bei schungen von Wasser die zahlreicheren Schwingungen heifsen Wassers zu den minder zahlreichen des kälteren zukommend in das arithmetische Mittel beider übergehen ten, da die Schwingungen des Lichtäthers und tönender per zwar durch umgebende Substanzen gehindert und aufg ben, aber nicht unter diese und sie selbst vertheilt werden nen. Mehrere leuchtende und tönende Körper vermehren den Effect zur Summe beider Wirkungen, ohne dafs je der eine so viel verliert, als der andere gewinnt. Ist d allein als undenkbar schon für sich ein unübersteigliches dernifs gegen die Zurückführung aller Wärmephänomene Undulationen, so bietet sich eine neue Schwierigkeit in Vorstellung dar, dafs Körper von bleibender Temperatur stets im Zustande gleichmäfsiger Schwingungen oder Schw gungsmengen befinden sollten, und gleich schwierig, wo ganz unvorstellbar würde es seyn, die Erscheinungen der genau quantitativen Verhältnissen latent und nach beliebig ger Zeit wieder frei werdenden Wärme auf eine solche Hy these zurückzuführen. Endlich aber ist die Wärmeleitung Körper von beliebigem Aggregatzustande mit der Vibrati theorie ganz unvereinbar; denn der Lichtwellen nicht zu denken ist der Fortgang der Schallwellen, die wir doch andern Gründen für weit gröber, als die der Wärme ha

1 S. dessen oben erwähnte Abhandlung.

Digitized by Google

lüssen, so unglaublich viel geschwinder, als das Fortschreiten
r Wärme selbst in den besten Leitern, dafs man nach Ueber-
gung dieser unleugbaren Thatsachen unmöglich noch ferner
neigt seyn kann, dieser eigenthümlichen Vibrationstheorie als
llgemeiner Grundlage der Wärmephänomene zu huldigen.

24) Allein wie gewichtig auch diese Argumente seyn mö-
n, so lafst sich doch auf der andern Seite nicht verkennen,
s es einige Phänomene giebt, die sich entweder gar nicht
r nur vermittelst sehr gezwungener Hypothesen auf einen
h einfachen und quantitativ bestimmbaren Verhältnissen
kenden Wärmestoff zurückführen lassen. Namentlich hat
n die aus dem Ursprunge der Wärme durch Reibung von
n Anhängern der Vibrationstheorie entnommenen Argumente
ch künstliche Mittel zwar zur Seite geschoben, aber noch
neswegs genügend widerlegt; denn die Voraussetzung, dafs
in den geriebenen Körpern frei gemachte Wärmestoff an
sie zunächst umgebenden Körper übergehen und der hier-
ch bewirkte Abgang durch eine Aufnahme aus weiter ent-
ten Substanzen wieder ersetzt werden sollte, hat unver-
ar etwas Gezwungenes und sich selbst Widerstreitendes.
gleiche Weise ferner, als die gewöhnliche Fortleitung der
rme durch Körper von der verschiedensten Aggregatform
kennbar das Gepräge der allmälig fortschreitenden Auf-
me eines materiellen Stoffes nach der verschiedenen Anzie-
ngskraft der individuellen Substanzen trägt, ebenso unver-
nbare Aehnlichkeit, oder wohl Gleichheit, haben die Phäno-
ne der von spiegelnden Flächen oder sonst strahlenden
rme mit der Wellenbewegung des Lichtes und des Schalles.
gesehen von anderen verschiedenen Phänomenen endlich, die
nächst näher erörtert werden sollen, ist der Ursprung be-
tender Wärmemengen, die namentlich bei verschiedenen
plosionen plötzlich frei werden, nach denjenigen Principien,
man in Gemäfsheit der Theorie eines materiellen Wärme-
fes für andere Phänomene in Anwendung bringt, durchaus
klärbar, weil bald mehr, bald weniger Wärme zum Vor-
ein kommt, als wirklich gegeben ist. Dieses bereits er-
nte, durch *H.* Davy in Beziehung auf das Verbrennen des
hlspulvers (§. 8) aufgestellte Argument gewinnt an Be-
iskraft, wenn man die Wärmeentwickelung bei der Verbin-
ung des Schwefels mit Eisen und andern Metallen (§. 135),

die enorme Hitze des Knallgasgebläses und überhaupt Wärmeproduction durch Chemismus consequent zu erk versucht, welche gesammten Phänomene hier blofs anzud genügt, da sie später näher erörtert werden müssen.

25) Wenn daher nicht blofs gewichtige, sondern mar wohl sagen gleich gewichtige und ohne künstlichen Z nicht zu beseitigende Argumente sowohl für die Mater des Wärmestoffes, als auch für die Vibrationstheorie vorh sind, so läfst sich schon im voraus vermuthen, dafs, v ähnlichen Fällen gewöhnlich, die Wahrheit in der Mitte Diesem gemäfs habe ich zuerst in meiner Schrift über das Sch pulver[1], demnächst in meinem Programme[2] angedeutet, die gangbare Theorie eines materiellen, blofs nach quantit Verhältnissen vertheilten Wärmestoffes zwar in einigen scheinungen eine unwandelbare Stütze finde, andere abe nügend zu erklären keineswegs hinreiche; später aber[3] ich bestimmt den Satz aufgestellt: „dafs verschiedene Wä „phänomene nicht sowohl aus einer eigentlichen Vermeh „einem Ueberströmen, einer Bewegung des Wärmestoffes „vielmehr aus Schwingungen desselben, Undulationen „Wellen zu erklären sind, und so wie wir daher bei der „eine Menge Wirkungen aus dem Drucke und der Bewe „derselben (Aerostatik, Pneumatik), andere dagegen, namen „die des Schalles, aus ihren Wellen erklären, ebenso wi „manche Erscheinungen der Wärme auf Vermehrung und „wegung derselben, andere auf wellenartige Schwingungen „rückzuführen seyn."

Seitdem die Undulationstheorie des Lichtes einen voll digen Sieg über die Emanationstheorie davon getragen hat die gehaltvollen Versuche von Melloni und Forbes übe Brechung und Polarisation der Wärmestrahlen die gena Uebereinstimmung einer grofsen Menge von Wärmeph menen mit dem Verhalten des Lichts unwidersprechlich gethan haben, kann die Existenz von Wärmeundulat nicht wohl mehr zweifelhaft seyn; diese setzen dann w das Vorhandenseyn eines in Wellenschwingungen verse

---

1 Ueber das Schiefspulver. Marburg 1817. 8.
2 Sacra natalitia Divi Caroli Friderici cel. Heidelb. 1820. 4.
3 Handbuch der Naturlehre. Heidelb. 1829. Th. I. S. 453.

Digitized by Google

materiellen Wesens voraus, die Materialität des Wärmestoffes ist somit als erwiesen zu betrachten, schon deswegen, weil die Lichtstrahlen auch im leeren Raume von Wärmestrahlen begleitet sind, und die streitige Frage geht in eine andere über, ob der Wärmeäther mit dem Lichtäther identisch oder von ihm verschieden sey, die jedoch späteren Untersuchungen vorbehalten bleibt. Vor der Hand dürfen wir als ausgemacht annehmen, dafs die Hypothese, wonach die Wärmephänomene Ergebnisse der Vibrationen derjenigen Körper selbst und ihrer Theile seyn sollen, worin sie sich zeigen, als den Thatsachen nicht genügend zu verwerfen und vielmehr ein *eigenthümlicher Wärmestoff* anzunehmen sey, welcher theils durch Verbindung, Verminderung und Uebergang, theils durch Undulationen die von einander wesentlich verschiedenen Erscheinungen hervorbringt. Die Existenz solcher Undulationen als Ursache verschiedener Wärmephänomene kann gegenwärtig kaum mehr zweifelhaft seyn, wie unzweideutige Aeufserungen der Physiker beweisen, unter denen ich vorläufig nur Baumgartner und Forbes nennen will. Ersterer sagt[1]: „nur so viel scheint ausgemacht, dafs die Annahme eines eigenen, in der ganzen Welt verbreiteten, höchst feinen, ausdehnsamen Stoffes, des sogenannten Wärmestoffes, der mit den Körpern eine Art chemischer Verbindung eingehn soll, zur Erklärung der Wärmephänomene überhaupt, der in der neuesten Zeit entdeckten insbesondere, nicht genüge, und dafs höchst wahrscheinlich die Wärme, wie das Licht, in Schwingungen des Aethers, vielleicht auch der kleinsten Körpertheile selbst, bestehe, welche bei den sogenannten warmen Körpern stehende, wie der im Fortschreiten begriffenen fortschreitende sind, so dafs demnach schallende, leuchtende und warme Körper zu einer Classe schwingender Körper gehören, während die Fortpflanzung des Schalles, des Lichts und der Wärme in Schwingungen anderer Art besteht.“ Nach diesen Ausdrücken erscheint Baumgartner als Anhänger der Vibrationstheorie; weil aber sonst und auch noch später[2] über die physische Ursache

[1] Anfangsgründe der Naturlehre. Wien 1837. 8. S. 132.

[2] Die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande u. s. w. von A. Baumgartner und A. v. Ettingshausen. 6. Aufl. Wien 1839. S. 412.

Digitized by Google

der Wärmephänomene zu entscheiden Anstand nimmt, so ist i
mitgetheilten Stelle zunächst nur der zwischen den verschi
nen Aeufserungen der Wärme festgesetzte Unterschied zu
rücksichtigen. Forbes dagegen wurde bei der Erklärung
Erscheinung des durch Trevelyan erfundenen *Thermop*
(§. 284) gezwungen, Wärmewellen anzunehmen, und
zugleich Anhänger eines Wärmestoffes ist, so kann man s
dafs er allerdings verschiedene Wärmephänomene auf Un
tionen eines materiellen Wärmestoffes zurückführt.

26) Nach meiner festen Ueberzeugung mufs die
haltendste und schärfste Prüfung der mitgetheilten G
zu der Ueberzeugung führen, dafs die Erscheinungen
Wärme nur durch Annahme eines materiellen Wärme
fes erklärbar werden, jedoch so, dafs einige derselben
auf quantitativen Verhältnissen der Vermehrung, der Ver
derung und des Ueberführens beruhen, andere dageger
Wirkungen von Undulationen zu betrachten sind. Diese
pothese ist keineswegs gezwungen, vielmehr haben wir
auffallende Analogie in den zur Mechanik gehörenden Ph
menen. Wir sind nur zu sehr gewöhnt, die Schallschwin
gen als eigenthümliche, den übrigen Bewegungen der K
unähnliche, zu betrachten; genauer erwägend müssen wir
zugestehn, dafs beide vereint eine auffallende Analogie mit
Verhalten der Wärme abgeben. Benutzen wir nur, um
festeren Anhaltpunct zu haben, diejenigen Erscheinungen,
che die atmosphärische Luft zeigt. Diejenigen derselben,
che auf quantitativen Verhältnissen beruhn, sind allgemein
kannt; wenn wir aber berücksichtigen, dafs die Schallvibr
nen in derselben ohne Aenderung ihrer Menge und ohn
gentliche fortgehende Bewegung massive Mauern erbeben ma
so scheint es mir nichts weniger als unnatürlich, anzunel
dafs auch die Schwingungen des Wärmeäthers, ohne qu
tative Aenderung desselben, feste Körper in heftige Bebu
versetzen und den in ihnen befindlichen Aether zu ähnl
Vibrationen veranlassen können. Der Annahme eines Wä
äthers scheint aber ebenso wenig ein Hindernifs im Weg
stehen, als der eines Lichtäthers, dessen Existenz man ge
wärtig überall nicht in Zweifel zieht. Wir wollen vo
diese Hypothese benutzen, um bei der folgenden Untersuc
der verschiedenen Erscheinungen diejenigen zu bezeich

Digitized by Google

welche auf quantitative Verhältnisse des Wärmestoffes und welche auf Undulationen desselben zurückzuführen sind.

27) Ueber das eigentliche Wesen dieses Wärmeäthers schon jetzt etwas bestimmen zu wollen wäre auf jeden Fall zu voreilig, da uns diese Aufgabe in Beziehung auf den Lichtäther noch nicht gelungen ist, dessen Verhalten, im Ganzen viel einfacher, wir bei weitem genauer kennen. La Place[1] betrachtet den Wärmestoff zunächst in Beziehung auf die Gasbildung als ein sehr feines ätherisches Fluidum, dessen Molecüle mit Repulsivkraft versehen sind, worüber jedoch schon an einem andern Orte[2] das Nöthige gesagt worden ist. John Barton[3] folgt seinen Ansichten und glaubt, dafs die Phänomene der Wärme weit einfacher durch Annahme eines materiellen Stoffes, als aus Undulationen der vorhandenen Körper erklärt werden können, wobei wohl ohne Zweifel Undulationen der Theile fester, flüssiger und gasförmiger Körper selbst, nicht aber des denselben ihnen befindlichen Wärmestoffes, gemeint sind. Die Molecüle des Wärmestoffs denkt er sich sehr klein im Verhältnifs zu denen der wägbaren Materie, die letzteren aber klein im Verhältnifs zu den Intervallen zwischen ihnen, was mit Newton's Ansichten übereinstimmt. Hieraus wird dann gefolgert: 1) Die Wärmemolecüle, welche die der Körper berühren oder sich in elliptischen Bahnen um sie bewegen, können sich nur durch einen gewissen Impuls entfernen und geben die latente Wärme. 2) Durch Reiben u. s. w. werden die in Ellipsen bewegten Wärmemolecüle aus ihren Bahnen getrieben, weswegen gehämmertes Metall durch den Verlust seiner latenten Wärme spröde wird. 3) Bestehen Körper aus elliptischen Molecülen, so werden die Wärmemolecüle sich um ihre Mitte drehen, woraus die ungleiche Ausdehnung nach Mitscherlich erklärbar wird. 4) Bei einem gewissen Verhältnifs der attractiven und repulsiven Kräfte gleicht die Bahn der Wärmemolecüle einer Conchoide, die Bahn der Wärme gleicht in diesem Falle bei diathermanen Körpern einer geraden Linie; bei adiathermanen Körper lassen auch Wärme durch, aber erst nachdem die Wärmemolecüle die Molecüle der Körper mehr-

1 *Méc. cél.* T. V. Chap. XII. p. 90 ff.
2 S. Art. *Gas.* Bd. V. S. 1056.
3 *London and Edinb.* Phil. Mag. N. LXII. p. 342.

mals umkreiset haben und wiederholt von der Oberfläche
Körper in deren Inneres gezogen worden sind. 5) Die Mol
der Körper werden durch zwei Kräfte angezogen, durch die
ziehung gegen einander und gegen die Wärmeatmosphären
andern, durch zwei Kräfte abgestofsen, nämlich durch die
pulsion der Wärmeatmosphären und die Molecüle der sens
Wärme, die sich zwischen ihnen befinden. Diese Kräfte
zeugen den Zustand des stabilen Gleichgewichts, insofern
Attractivkraft mit der Zunahme des Abstandes in einem g
geren Verhältnisse abnimmt, als die Repulsivkraft; wenn ab
Theilchen der sensibeln Wärme vermehrt werden, so dehnt sich
Körper aus und das stabile Gleichgewicht wird abermals herge
Erreicht aber die Ausdehnung einen gewissen Punct, so
wandeln sich die Bahnen der umkreisenden Wärmemol
aus der hyperboloidischen Form in die ellipsoidische und
gewisse Quantität derselben wird also latent. Gleichzeitig
eine andere Menge sensibeler Wärme von aufsen aufge
men, die gesammte Summe überwindet die Attractivkraft
es tritt Dampfbildung ein. 6) Wenn flüssige Körper sich
Festwerden ausdehnen, so ist dieses Folge anderweitiger K
z. B. derer, die aus der Gestalt der Molecüle hervor
7) In der Lage gröfster Anziehung der Molecüle fester
per sind ihre ausspringenden Winkel einander zugekehrt,
aus folgt, dafs beim Erstarren die Bahnen einer Quantität von
memolecülen aus der ellipsoidischen Form in die hyperboloid
übergehen und daher ein Theil der latenten Wärme frei
8) Je gröfser die Molecüle sind, desto besser leiten die K
die Wärme und desto schlechter strahlen sie dieselbe aus;
die Geschwindigkeit der Bewegung wächst mit der Mass
der Oberfläche aber wird die Wärme durch die stärkere
ziehung der gröfseren Molecüle mehr zurückgehalten, wes
gen die Metalle die besten Leiter und die schlechtesten
strahler sind. Wenn Barton endlich die scheinbare Abstof
gewisser Körper und die Erscheinungen der Capillardepres
von den Wärmeatmosphären ableitet und die Bahnen der
memolecüle, welche die latente Wärme bilden, mit den elliptis
der Planeten und Trabanten, derer aber, welche die strahl
Wärme erzeugen, mit den parabolischen und hyperbolis
der Kometen vergleicht, so ist dieses wohl nur für ein
freies Spiel der Phantasie, und die ganze, von ihm au

Digitized by Google

selbe Hypothese keineswegs für genügend begründet zu
ben.

28) Es ist oben[1] bemerkt worden, dafs La Place das eigentliche
esen der Wärme unbestimmt läfst. In dieser Beziehung hat
arton's Ansicht entschiedene Vorzüge, sofern man dieselbe
Gemäfsheit der näheren Bestimmung besser prüfen und
nde für und wider dieselbe aufstellen kann. Es giebt of-
bar einen besseren Anhaltpunct, wenn man sich die Wärme
s uns sehr kleinen, mit Repulsivkraft begabten Molecülen
ehend denkt, die zwar eben wegen ihrer unbestimmbaren
inheit unvorstellbar für uns seyn müssen, die wir blofs zur
chauung mefsbarer Körperchen zu gelangen vermögen, in-
ssen läfst sich doch eine Anziehung der gröberen Kör-
molecüle gegen die feineren Wärmemolecüle und eine Ab-
ßung dieser letzteren unter sich einigermafsen vorstellbar
chen. Da man aber bei der Erörterung der Naturerschei-
gen irgend eine Hypothese als Anhaltpunct zum Grunde
gen mufs und die angegebene von La Place und Barton
l für sich hat, wenn man einstweilen die angenommenen
schiedenen Bahnen als noch unerwiesen und minder nöthig
schliefst, so wollen wir bei den folgenden Betrachtungen
einen materiellen Wärmestoff annehmen und versuchen, wie
weit sich diese Hypothese den Erfahrungen anpassen läfst.

29) Noch müssen wir hier eine Hypothese erwähnen,
elche, von Berzelius[2] aufgestellt, schon wegen dieses durch
harfsinn ebenso sehr als durch grofsen Umfang von Kennt-
issen ausgezeichneten Erfinders nicht wenige Anhänger erhal-
n hat. Hiernach existirt zwar ein eigentlicher Wärmestoff
e unwägbare, ätherartige Substanz, deren Verhalten eigen-
ümlichen Gesetzen unterworfen ist, allein sie ist nicht ein-
ch, sondern aus positiver und negativer Elektricität zusam-
engesetzt. Da es hier vorzüglich auf die Frage abgesehen
, ob wir einen eigenthümlichen Wärmestoff anzunehmen ha-
n, diese aber nach dieser Theorie bejahet wird, später aber
§. 218 u. 226) von Erregung der Wärme durch Elektricität be-
nders die Rede seyn wird, so läfst sich die Prüfung dieser
ypothese am bequemsten an die genannten Untersuchungen
ber diese specielle Wärmequelle anknüpfen.

1 S. Art. Gas. Bd. V. S. 1074.

2 Versuch über die chemischen Proportionen. S. 79.

B. Wägbarkeit der Wärme.

30) Man hat sehr allgemein, namentlich von Seiten Naturphilosophen, der Materialität der Wärme, des Lic der Elektricität und des Magnetismus ihre Unwägbarkeit ganz entscheidendes Argument entgegengesetzt, so wenig weisend dasselbe auch ist, da gegenwärtig wohl niemand der Materialität des Lichtäthers zweifelt, welchen man w seiner allgemeinen Verbreitung durch den ganzen Welt doch unmöglich für schwer halten kann. Merkwürdig abe dabei der Umstand, dafs niemand, so viel ich weifs, die f sche Unwägbarkeit dieser sogenannten Imponderabilien in Z fel gezogen und sie zu wägen versucht hat, aufser be Wärme. Die Ursache hiervon liegt vermuthlich darin, das Licht sich nicht wohl in Körpern fixirt, denn bei den genannten Lichtsaugern hielt man die vorhandene Menge muthlich überall zu gering, als dafs auch die feinste W davon afficirt werden könnte, wenn man auch nach de einigen Physikern herrschenden Ansicht eine wirkliche nahme und nachherige Ausscheidung des Lichtstoffes ann einem elektrisirten Körper ist zwar nach Franklin ele sches Fluidum zugeführt, allein die Anziehung, welch solcher nach allen Seiten hin ausübt, und die augenblicklich ginnende Ausströmung der Elektricität mochte wohl von j Versuche einer Wägung abschrecken, der Magnetismus wurde stets auf eine Trennung zweier, früher vereinter Ma tismen zurückgeführt, wonach überall keine Gewichtsver rung statt finden konnte; blofs bei der Wärme hat man s frühe die Frage über ihre Wägbarkeit aufgeworfen, weil Erscheinungen, welche sie darbietet, in der That auf ein zukommen eines gewissen Etwas hindeuten, und wenn die Wahrheit berücksichtigt, dafs die Natur überall k Sprung macht, so war es keineswegs unphilosophisch, die muthung zu hegen, dafs im Uebergange von den gewicht Körpern zu den minder gewichtigen die Wärme die äuf Grenze bilden und nur unmefsbar schwer seyn könne[1].

---

1 Es kann hier nur vom Gewichte der Wärme an sich die seyn, nicht von einer Gewichtszunahme durch Feuer erzeugt. dings werden Metalle durch Verkalkung in der Hitze schwerer, manche Aeltere einem Hinzukommen des Feuers zuschrieben,

Digitized by Google

hielte sich wirklich das Gewicht der Wärme zu dem des Wasserstoffgases unter atmosphärischem Drucke oder gar zu dem des Wasserdampfes in niedriger Temperatur, wie dieses zum Platin, so würde eine wirkliche Wägung stets unmöglich bleiben, woraus von selbst folgt, dafs alle bisherigen Versuche, die Wärme zu wägen, wenn sie auch ein negatives Resultat geben, dennoch die vorliegende Frage zu beantworten nicht vermögen.

31) Bei den eigentlichen Anhängern des CARTESIUS konnte die Frage über die Wägbarkeit der Wärme nicht füglich aufgeworfen werden, denn nach seiner Philosophie gehörte das Feuer zur sublimen Materie und war das Resultat der Bewegung dieses ersten Elementes. Wir können daher die Geschichte dieser Untersuchungen mit BOERHAVE[1] beginnen, welcher die Schwere der Wärme bezweifelt, weil das Feuer im ganzen Weltraume gleichmäfsig vertheilt sey und blofs Elasticität besitze. Kein Naturforscher aber hat sich mehr Mühe gegeben, die Wärme selbst vorerst dem Auge sichtbar zu machen, als MARAT[2]. Hierzu bediente er sich des Sonnenmikroskops in einem verfinsterten Zimmer, wodurch er die aufgenommenen Wärmetheilchen so stark zu vergröfsern hoffte, dafs sie durch das Auge wahrnehmbar würden. Von glühenden Körpern glaubte er etwas in Gestalt feuriger Wellen aufsteigen zu sehen, was nach seiner Meinung Verwandtschaft gegen Wasser, Salze, Erden, Metalle, das Phlogiston und das Licht äufserte und daher von der Lichtmaterie, dem Phlogiston und der elektrischen Materie verschieden seyn mufste. Er nannte dieses *feurige Flüssigkeit* (fluide igné) und erklärte es für eine eigene Substanz, deren Bestandtheile er durchsichtig, schwer, äufserst hart, kugelförmig und ausnehmend klein finden wollte. Er brachte in den Lichtkegel seines Mikroskops theils solche Körper, die durch das Feuer zerstört werden, als eine brennende Wachskerze, glühende Kohlen u. s. w., theils auch nicht zerstörbare, als glühende Metalle, Porcellan, Bergkrystall u. s. w., und sah dann stets auf

---

Lucretius de Rer. Nat. L. II. v. 185 und Andere. Vergl. Musschenbroek Introd. §. 1578.

1 Elementa Chym. T. I. p. 175 u. 306.

2 Découverte sur le feu, l'électricité et la lumière. Paris 1779. 8. Deutsch mit Anm. von WEIGEL. Leipz. 1783. Recherches sur le feu. Par. 1780. 8.

Digitized by Google

der reflectirenden Wand einen aufsteigenden weifsen Cylin der sich oben erweiterte und in kräuselnde Wellen ausbrei zugleich auch durch den Luftstrom eines Blasebalges sich s wärts beugen liefs. Es darf wohl kaum bemerkt werden, theils die zersetzten Theile der Körper, theils der aufsteig Luftstrom diese Erscheinungen hervorbrachten. Marat suchte auch die später so oft wiederholten Wägungen und sonderbarer Weise, dafs heifse Körper schwerer würden, muthlich weil er dieses Resultat mit Gewifsheit erwar Eine 6 Unzen schwere silberne Kugel wog beim Rothgli 5,5 Gran mehr und eine 15 Unzen 6 Qt. schwere kupf Kugel hatte weifsglühend 2 Gran mehr, nach dem Wiede kalten aber 3 Gran weniger Gewicht, wonach Marat Feuer für schwerer hält, als die Luft. Zu einem ähnli Resultate gelangte Rob. Boyle[1] durch seine Wägungen erh ter Körper, und auch Homberg[2] folgerte die Schwere Wärme daraus, dafs 4 Unzen Antimon, dem Focus des gro Brennglases in Paris ausgesetzt, 3 Drachmen an Gewicht genommen hatten. Boerhave versicherte dagegen, dafs er seinen Versuchen nie zu einem solchen Resultate gelangt und Musschenbroek[3] bestreitet die Zulässigkeit solcher W gungen überhaupt, weil ein heifser Körper in einer leichte ungebenden Luft gewogen werde, als ein kalter, obwohl hierfür wohl eine annähernde Correction auffinden liefse, w nicht andere Hindernisse im Wege ständen. Uebrigens h er die Wärme nicht blofs für materiell, sondern auch für schw obgleich für so unmerklich, dafs seine Waage keine Aen rung des Gewichts anzugeben vermöge, und er widerlegt da den Schlufs, welchen du Hamel[4] aus seinen Wägungen serner Körper entlehnte, dafs die Wärme das Gewicht Körper vermindere, wonach sie also negativ schwer s müfste.

32) Diese und viele andere ältere Physiker wurden offe bar durch die Gewichtsvermehrung irre geleitet, welche Zutritt des Sauerstoffs bei der Calcination verursacht, und üb

1 De ponderabilitate flammae. In Opp.
2 Hist. de l'Acad. 1709. Cours de Chim. chap. V.
3 Introd. §. 1581.
4 Historia Acad. Reg. Scient. L. I. sect. 2. cap. 1.

Digitized by Google

haupt waren sie gewohnt, wenn sie sich auch nicht ausdrücklich darüber äufserten, den Begriff der Schwere mit dem Begriffe der Materialität zu vereinigen, denn Musschenbroek glaubte sogar, dafs die Sonnenstrahlen, die er doch für so außerordentlich fein hielt, in den Körpern verdichtet würden und dadurch eine Gewichtsvermehrung hervorbrächten. Angemessener sind daher diejenigen Versuche, wodurch man den unmittelbaren Einfluſs der Wärme auf das Gewicht der Körper zu ermitteln suchte. So erzählt Kraft[1] von einem Versuche, welchen Candidus Buono zu Florenz anstellte, indem er der Waagschale einer empfindlichen Waage ein heifses Eisen näherte und sie leichter fand, das Eisen mochte über oder unter ihr gehalten werden, was aber Kraft von ihrer Ausdehnung leitet, in deren Folge sie ein gröfseres Volumen Luft aus der Stelle treibe. Bekanntlich ist jedoch dieses die Ursache nicht, oder mindestens nur zu einem geringen Theile, welche bewirkt, daſs erhitzte Körper auf der Waagschale leichter zu seyn scheinen, sondern die Erwärmung der Luft über und neben denselben erzeugt eine aufsteigende Strömung, welche zugleich die Körper, namentlich aber die Waagschale, mit sich in die Höhe reifst[2]. Diese richtige Erklärung gab schon Boerhave[3], als er fand, dafs von zwei gleichen Metallstäben der eine leichter werde, wenn man eine glühende Kohle über ihn, und schwerer, wenn man sie unter ihn halte. So wie Marat, wollte auch Buffon[4] erhitzte Körper schwerer, als kalte, gefunden haben, wonach also die Wärme ein positives Gewicht haben müfste, statt dafs die durch Andere, namentlich durch Whitehurst und Roebuck[5] mit Gold und Eisen erhaltenen Resultate auf eine negative Schwere derselben führten. Am bekanntesten sind die durch Fordyce[6] angestellten Versuche geworden. Dieser fand stark erhitztes Gold leichter als kaltes, und

---

1 Praelect. in Phys. P. I. §. 163.

2 Vergl. Library of useful knowledge. Nat. Phil. 1829. T. I. Heat. p. 1.

3 Elementa chemiae. L. B. 1732. T. I. p. 244.

4 Hist. Nat. Suppl. T. II. p. 11.

5 Journ. de Phys. T. XIII. Suppl. p. 111.

6 Phil. Trans. 1785. T. LXXV. P. II. N. 21. Goth. Mag. Th. IV. St. 4. S. 49. V. Crell chem. Ann. Th. I. S. 161. Gren Journ. Th. VII. S. 50. Scherer's Journ. Th. II. S. 736.

Digitized by Google

als er 1700 Gran Wasser in einem hermetisch verschloss
Gefäfse gefrieren liefs, erhielt dasselbe eine Gewichtsver
rung von $\frac{1}{16}$ Gran. Guyton de Morveau, Gouvenain
Chaussier wiederholten diesen Versuch und erhielten
blofs gleiche Resultate, sondern fanden auch, dafs 2 &.
triolöl im gefrorenen Zustande um 3 Gran schwerer waren, a
flüssigen[1]. Diese Resultate bewogen später Gren[2], dem
giston eine negative Schwere beizulegen, wie bereits erw
worden ist. Mehrere Versuche, die zur Lösung dieser Au
dienen sollten, sind auch durch Eimbke[3] angestellt wo
Dieser wog Glascylinder zuerst kalt, dann bis zum Glühen er
und fand sie im letztern Zustande allezeit leichter als im
stern. Um dabei die Ausdehnung der umgebenden Luf
vermeiden, schlofs er die Cylinder in hölzerne, mit Me
ausgefütterte Kapseln ein. Ferner wog derselbe Kalk
Wasser, welche sich in einem verkorkten Medicinglase be
den, vor dem Löschen und dann wieder nach dem Erka
Diese Versuche wurden mit mehrfachen Modificationen a
stellt, auch bildeten gleich grofse Gläser, als diejenigen,
che Kalk und Wasser enthielten, das Gegengewicht, um
nometrische Einflüsse zu vermeiden; allezeit aber zeigte
nach dem Entweichen der Wärme eine mefsbare Zunahme
Gewichts, wonach also der Wärmestoff nothwendig eine
gative Schwere haben müfste. Ja sogar als Eimbke ein
korktes Glas, worin sich Erbsen im Wasser befanden, mit
nem andern gleichfalls verkorkten Glase mit Wasser ins Gle
gewicht gesetzt hatte und das Wasser durch die Erbsen au
sogen war, zeigte sich eine Gewichtszunahme, die vom E
dringen des Wassers in die Erbsen und der hierdurch frei
wordenen Wärme abgeleitet wurde. Gehler[4] zeigt aber
nügend die grofsen Schwierigkeiten, die der Genauigkeit
Resultate aus solchen Versuchen entgegenstehn und sich
Theil selbst aus den mitgetheilten Thatsachen entnehmen
sen, weswegen auch Fordyce selbst die negative Schwere
Wärmestoffs für ganz unvorstellbar erklärt.

---

1 Journ. de Phys. 1785. Oct.

2 Grundrifs d. Naturl. §. 427. Syst. Handb. d. ges. Chemie. I. §. 295 u. a. a. O.

3 Gren's Journ. d. Phys. Th. VII. S. 80.

4 Wörterb. Th. V. S. 939.

Digitized by Google

33) Betrachtet man die Aeufserungen der älteren Physiker
was näher, so ergiebt sich bald, dafs beide Parteien durch
ie unrichtige Deutung allbekannter Erscheinungen irre geführt
rden und dann die Resultate ihrer Versuche nach ihren
rgefafsten Meinungen deuteten. Diejenigen, welche die
ewichtsvermehrung so vieler Körper wahrgenommen hat-
n, die anhaltend der Einwirkung des Feuers ausgesetzt ge-
esen waren, leiteten diesen Erfolg von einem Hinzukom-
en der Feuermaterie oder des Wärmestoffes ab, und gelang-
n hierdurch zu der Ueberzeugung, dafs diese Substanz schwer
n müsse; andere dagegen, welche vorzugsweise das Auf-
eigen erhitzter und dadurch specifisch leichter gewordener oder
rch den Luftstrom emporgehobener Körper ins Auge fafs-
n, fanden die Ursache hiervon in der Wärme und legten
ser daher eine negative Schwere bei. Dieses ergiebt sich
utlich aus dem, was LAMBERT[1] über das Aufsteigen der
ämme und der Wärme, wie er es nennt, eigentlich der war-
n Luft, sagt, wobei ihn jedoch sein Scharfsinn abhält, die
farbar an sich unzulässige Hypothese einer negativen Schwere
s Wärmestoffes anzunehmen, den er vielmehr nur leich-
te, als die Luft, nennt. Ebendiese Bewandtnifs hat es mit
ERARD's[2] Versuchen, welcher heifse Kugeln zwischen ver-
al über einander aufgehangene Thermometerkugeln brachte
d dabei ein Aufsteigen der Wärme wahrnehmen wollte.

34) Dafs auf die bisher angezeigte Weise die vorliegende
ge nicht beantwortet werden könne, ist für sich klar, und im
llgemeinen mufs man bezweifeln, dafs dieses überhaupt mög-
h sey. Der einzige Weg, auf welchem man vielleicht zu
esem Ziele zu gelangen vermöchte, dürfte seyn, zu versuchen,
b die bei verschiedenen Mischungen der Körper frei oder la-
nt werdende Wärme eine mefsbare Veränderung des Gewichts
r Körper bewirkt. Am geeignetsten hierzu dürften Schnee
d salzsaurer Kalk seyn, die beim Schmelzen eine so grofse
enge Wärme verschlucken, oder noch leichter Schwefelsäure
d Wasser, die bei ihrer Vereinigung eine bedeutende Quan-
tät Wärme abgeben, wäre es nur möglich, während dieser Pro-
esse das Hinzukommen oder Abgeben materieller Stoffe von

---

1 Pyrometrie. 6tes Hauptst. S.
2 Mém. de l'Acad. de Berlin. Ann. 1788 et 1789. Berl. 1793.

Digitized by Google

und nach aufsen gänzlich zu verhüten. Versuche dieser
die jedoch in der genannten Beziehung eine strenge F
nicht bestehn, haben Moscati[1] und Ebel[2] angestellt, w
hervorging, dafs die bei ihrer Vereinigung Wärme entbin
den Körper leichter, die Wärme bindenden dagegen sch
wurden, wonach also die Wärme ein mefsbares Gewicht h
müfste. Ihre Versuche sind wohl unter allen die beach
werthesten und zeigen wenigstens die zu betretende l
wenngleich die dabei obwaltenden Schwierigkeiten uni
windlich seyn mögen. Moscati, nicht befriedigt durch
Versuche des Bartholomäus de Sanctis[3], wog Schw
säure und Wasser einzeln, gofs sie dann zusammen und
während der hierdurch entstehenden Erhitzung eine Zun
des Gewichts, die nach dem Erkalten wieder verschw
Thomas Ebel bediente sich einer Waage, die auf 0,25
einen Ausschlag gab, wog zwei Flaschen, die eine mit W
ser, die andere mit Schwefelsäure zur Hälfte gefüllt, mi
dann beide Flüssigkeiten mit Vermeidung jedes Verlustes d
Verdampfung und fand sie hiernach um 1,5 Gr. leichter,
ches er dem Verluste durch die frei gewordene Wärme
legte. Ferner vermengte er 11 Theile Salmiak, 10 Th.
peter, 16 Th. Glaubersalz, 32 Th. Wasser, alles 2 U
betragend, verstopfte sogleich das Gefäfs, trocknete es nac
wieder und fand 0,5 Gr. Gewichtszunahme. Man war
demnach geneigt, dem Wärmestoffe Schwere beizulegen,
die Aufgabe nach der Ansicht fast aller Physiker durch
bekannten Versuche Rumford's[4] zur definitiven Entscheid
gebracht wurde. Dieser füllte sogenannte Florentiner Phi
mit Wasser, Weingeist und Quecksilber, verschlofs sie
metisch, brachte sie auf einer feinen Waage, die noch 1 M
liontel des Totalgewichts anzeigte, ins Gleichgewicht, liefs
von 16°,11 C. bis — 1°,67 erkalten, wog sie dann wieder
fand ihr Gewicht ganz unverändert. Der Luftzug im Zim
das Ansetzen von Staub und Feuchtigkeit, so wie sons

---

1 Biblioth. Brit. T. XLVI. p. 403.

2 Medical Repos. 1805. Jan. Bibl. Brit. T. XXXVIII. 393.

3 Journ. de Phys. T. LXXII. p. 127.

4 Philos. Trans. T. LXXXIX. p. 179. G. V. 206. Scher
Journ. Th. V. S. 53. Biblioth. Brit. T. XIII. p. 233.

Digitized by Google

störende Einflüsse waren sorgfältig vermieden, und da sich dennoch nicht der mindeste Unterschied des Gewichts zeigte, ungeachtet das Wasser in Folge seiner viel gröfseren specifischen Wärmecapacität ungleich mehr Wärme verlieren mufste, hauptsächlich aber durch das Gefrieren eine ausnehmende Quantität verlor, so schliefst Rumford mit Recht, dafs seine Waage, trotz ausnehmenden Feinheit ungeachtet, ein wahrnehmbares Gewicht der Wärme anzuzeigen nicht vermochte. Die Versuche, gegen deren Genauigkeit sich nicht wohl Einwendungen machen lassen, sind allerdings wichtig, dafs sie aber die absolute Unwägbarkeit der Wärme dennoch nicht beweisen können, ist bereits oben nachgewiesen worden.

35) Neuerdings hat P. W. Holland[1] dieses Problem von einer eigenthümlichen Seite aufgefafst. Er giebt zu, dafs die feinsten Waagen das Gewicht der Wärme nicht anzugeben vermögen, denn ungeachtet z. B. beim Verbrennen von Knallgas eine so bedeutende Menge Wärme frei wird, so wiegt doch das Wasser genau so viel, als die Summe der beiden vereinten Gasarten. Nach seiner Ansicht aber kann die Wärme nicht schwer seyn, denn sie giebt kein Moment ihrer Bewegung, weil sonst die von der Sonne ausgehende und den Planeten durchströmende eine Störung der Bahnen dieser letzteren zur Folge haben müfste. Hierbei widerlegt er das sehr leicht sich darbietende Argument, dafs die überwiegende Anziehung der Himmelskörper dieses Hindernifs leicht überwinden könne, durch die ungleiche Dichtigkeit der verschiedenen Himmelskörper, die also hiernach einem gleichen Impulse ungleiche Flächen durchliefen und somit einen Unterschied zeigen müfsten; allein es steht der Argumentation hauptsächlich entgegen, dafs ein solches vorausgesetztes Ausströmen der Wärme aus der Sonne noch gar nicht erwiesen worden ist, viel weniger aber die Geschwindigkeit einer solchen Bewegung; denn wenn man letztere der des Lichtes gleich setzt, so beruht dieses auf einer irrigen Vorstellung der Lichtbewegung, indem zwar die Lichtwellen mit der bekannten Geschwindigkeit fortschreiten, der Lichtäther selbst aber dabei ohne alle fortgehende Bewegung seyn kann und ohne Zweifel wirklich ist.

---

[1] London and Edinburgh Philos. Magazine. N. LV. p. 396.

Digitized by Google

36) Ein hierher gehöriger Versuch, welchen Pictet in Verbindung mit Sennebier anstellte, machte zu seiner viel Aufsehen, wurde aber nachher vergessen, weil die merksamkeit der Physiker zu sehr durch die neu gestal Erscheinungen des Voltaismus in Anspruch genommen w obgleich es sich wohl der Mühe lohnen dürfte, ihn mit g rigen Modificationen zu wiederholen. Pictet erhitzte im verdünnten Raume einen Messingstab in seiner Mitte durc Brennglas, und fand, dafs allezeit das obere Ende, welch auch dazu nehmen mochte, schneller und stärker warm w als das untere, und er legt deswegen dem Wärmestoff der Schwere entgegengesetztes Bestreben (*tendance anti-g* bei. Gehler[2] meint, die gebrauchte Glasröhre, worin der Stab befand, sey nicht vollkommen luftleer gewesen, es habe daher die aufsteigende verdünnte Luft dem obern Wärme zugeführt, auch könne die Nähe des Luftpumpent das untere Ende abgekühlt haben. Wie weit diese Erklä genügend sey, läfst sich aus der Beschreibung des Ver nicht genau bestimmen; auf jeden Fall war verdünnte Luf Raume vorhanden und mufste daher von der erwärmten aufsteigen. Wünsch[3] hat eine ausführliche Erklärung d Resultates versucht, die aber zu weitläuftig und zu wenig friedigend ist, als dafs ich sie hier mittheilen sollte. Ung richtiger und der Sache angemessener äufsert sich de L

---

1 Essais de Physique. Génève 1790. T. I. chap. 2. Ve über das Feuer. Aus d. Franz. Tüb. 1790. 8. Die Mitglieder der demie del Cimento befestigten zwei Thermometer, deren Kugel zwei Zoll von einander abstanden, die Scale des einen nach des andern nach unten gerichtet, in eine weite Glasröhre, welc der Mitte zwischen beiden Thermometerkugeln concav eingedr war, verlängerten die weite Röhre durch eine hinlänglich lange gere, und erzeugten vermittelst eingegossenen Quecksilbers und kehrens ein Torricelli'sches Vacuum. In die Vertiefung der we Röhre zwischen die Kugeln beider Thermometer wurde dann ei hitzter Metallstab gehalten, und wirklich stieg das obere Therm ter zuerst; allein darauf liefs sich die Folgerung einer aufwärts richteten Tendenz der Strahlung nicht gründen, weil der Einfluss Wandungen nicht vermieden war.

2 Wörterbuch. Th. IV. S. 549.

3 G. XXVI. 289.

4 Journ. de Phys. 1790. Nov. p. 282. Gren's Journ. Th S. 460.

Digitized by Google

bei dieses allerdings auffallende Verhalten der erwärmten Stange. bezweifelt nicht, dafs sich dasselbe aus Naturgesetzen ge- gend erklären lasse, es berechtige aber als isolirte Erschei- ung noch nicht, ein eigenthümliches Emporstreben des Wär- stoffes anzunehmen, dessen negative Schwere überhaupt durch unübersteigliche Argument widerlegt werde, dafs die Wär- zuerst die Erde verlassen müsse, gegen welche sie vielmehr würde. Configliachi[1] hat diese Versuche wiederholt, in- er verschiedene Metallstangen, jedesmal am untern und Ende mit Thermometern versehn, in eine weite Glas- brachte, in letztere inwendig oben und unten noch ein mometer befestigte und sie auch auswärts mit zwei Ther- tern versah, dann in dem entweder lufterfüllten oder bis eine Linie Quecksilberhöhe exantlirten Raume den Focus zolligen Linse gegen die jedesmal gewählte Stange fallen und den Gang dieser 6 Thermometer nach bestimmten tervallen aufzeichnete. Im Ganzen ergab sich, dafs an- end ohne Mitwirkung der Luftströmungen die Stangen früher als unten Wärme annahmen und später wieder ab- en.

37) Versuchen wir es, durch die vorliegenden Thatsachen der definitiven Entscheidung der Frage über die Schwere Wärmestoffes zu gelangen, so ist es auf jeden Fall durch man sehr unwahrscheinlich gemacht, dafs eine wirkliche ung der Wärme durch die zu Gebote stehenden Mittel lich seyn sollte. Zu einer nochmaligen Wiederholung die- Versuche kann man kaum rathen, weil der Wärmestoff muthlich zu fein ist, als dafs er überhaupt auf diese Weise gen werden könnte, mehr liefse sich von viele Wärme enden oder frei machenden Mischungen hoffen. Damit aber ihre Unwägbarkeit selbst im Falle blofs negativer Re- ebenso wenig erwiesen, als die instantane Bewegung des durch die älteren Bemühungen, dessen Geschwindigkeit funden, da diese auf keine Weise bekannt geworden wäre, man nicht Mittel gefunden hätte, sie in himmlischen men zu mes sen. So viel läfst sich aber mit Gewifsheit be-

1 Brugnatelli giornale di Fisica, Chimica e Storia naturale. V. p. 59. Die versprochene Fortsetzung dieser Abhandlung finde ich nicht.

Digitized by Google

stimmen, dafs die Wärme keine *negative Schwere* habe, hiermit müfste zugleich eine Anziehung zur wägbaren M verbunden seyn oder nicht. Im ersten Falle würde e grobe Inconsequenz seyn, ihr Anziehung zur wägbaren M beizulegen und unsere Erde von der letztern auszuschl im zweiten müfste sie, für sich allein der negativen Sc folgend, sehr bald unsere Erde gänzlich verlassen. B sichtigen wir aber die ebenso bekannte als unleugbare T che, dafs die Wärme durch alle uns bekannte Körper h halten wird, sofern sie keinen derselben augenblicklich v sondern nur allmälig ausströmt, indem sie an die Umgeb übergeht, so mufs sie auch durch die ganze Erde zurück ten werden, was man immerhin eine Gravitation nenne der Schwere vergleichen könnte. Inzwischen müfste di während der mehrern Jahrtausende, in denen nach histo Beweisen sich ihre Temperatur nicht merklich geänder sich mit der umgebenden Atmosphäre längst ins Gle wicht gesetzt haben, um so mehr, als hierbei nicht bl gewöhnliche Ableitung der Wärme in Betracht kommt, dern auch das stete Aufsteigen der an der Erdoberfläc wärmten Luftschichten bedeutend mitwirkt. Unter dies gebenen Umständen mufs es als räthselhaft erscheinen, d die Erde umgebende Wärmeatmosphäre nach oben an Int so bedeutend abnimmt. Man sucht dieses daraus zu er dafs die aufsteigende und dadurch dünner werdende Luft Wärme bindet; allein einestheils müfste sich dieses doch lich ausgleichen, wie denn wirklich in den höchsten schlossenen Räumen die obern Luftschichten allezeit w sind, als die untern, anderntheils ist oben[2] bereits er worden, dafs die Temperaturabnahme in der Höhe ungleich ist, als sie durch diese Ursache werden könnte. Nehme dieses alles zusammen, so führt es einfach zu dem, k Naturgesetze widerstreitenden, mit vielen anderweitige scheinungen aber genau übereinstimmenden Resultate, w unsere Erde gleichsam als Träger der gesammten, ihr zu rigen Wärmemenge zu betrachten ist, die von ihr zurü halten nach innen die gröfste Intensität hat und sie al

---

1 S. Art. *Temperatur*. Bd. IX. S. 572 ff.
2 S. Art. *Erde*. Bd. III. S. 1043 ff.

Digitized by Google

mosphäre von nach oben abnehmender Dichtigkeit auf ähnliche Weise umgiebt, als die statische Elektricität einen geladenen Conductor oder die Luft selbst unsern Erdball. Hiernach müfste kum, sofern die Wärme nicht selbstständig für sich existirt, ndern von ganzen Körpern durch Attraction ebenso zurück-halten wird, als von den Molecülen materieller Substanzen, der Grenze der Atmosphäre der absolute Nullpunct statt fin-, was mit anderweitigen Untersuchungen[1] sehr gut über-timmt; es würde jedoch keinen Widerspruch involviren, n sich die Anwesenheit von Wärme im Weltraume erwei-n liefse, die wir uns dann von der unserer Erde zugehöri-n als abgesondert existirend vorstellen müfsten. Hiervon wird iter unten die Rede seyn. Die mitgetheilte Hypothese, wo-ch unserer Erde eine eigenthümliche, ihr zugehörende und umgebende Wärmeatmosphäre beigelegt wird, ist übrigens cht neu, sondern von mehrern Schriftstellern bereits gele-ntlich geäufsert worden, Barthol. de Sanctis[2] sucht aber aus chi denen Erscheinungen, die mir jedoch nicht genügende weiskraft zu haben scheinen, darzuthun, dafs die Wärme ndlich gegen die Erde gravitire, eine Meinung, wozu sich ch Le Sage und de Luc[3], Letzterer aus allerdings gewich-n, aber nur seine eigenthümliche, im Ganzen ungenügende, pothese unterstützenden Gründen, bekennt.

C. Absoluter Nullpunct.

38) Wenn man das Wesen der Wärme auf blofse Bewe-gen oder Undulationen zurückführt, so müfste der Zustand ftiger Ruhe zugleich das Aufhören aller Wärme, mithin die ralt gröfste Kälte herbeiführen, so wie der Schall und s Licht mit dem Aufhören der Wellenbewegung verschwin-n. Hierin liegt das oben benutzte Argument gegen diese Hy-these, dafs sie durchaus keinen genügenden Grund davon an-bt, warum die hypothetischen Wärmewellen nie aufhören,

1 S. Art. *Meteorologie*; *Atmosphäre*. Bd. VI. S. 1989.

2 Biblioth. Brit. T. XLVI. Journ. de Phys. T. LXXII. p. 127. Ferussac Bullet. des Sciences. 1811. Mai.

3 Journ. de Phys. 1790. p. 232. Gren's Journ. d. Phys. Th. V. S. 450.

Digitized by Google

sofern kein Körper absolut kalt ist, ungeachtet ihre Tem
turen so leicht und durch die verschiedensten Ursachen
stärkt und geschwächt werden. Nimmt man dagegen
Wärmestoff an, so mufs auch eine gänzliche Abwesenheit
selben mindestens in der Vorstellung, wenn auch nicht i
Wirklichkeit, existirend zugestanden werden, und so m
wohl alle diejenigen, welche von einem absoluten Nullp
reden, gröfserer Consequenz gemäfs als Anhänger eines
riellen Wärmestoffes betrachtet werden. Dafs die Nullp
unserer Thermometer keine absoluten sind, mithin über
kein eigentliches + und unter ihnen kein wirkliches —
Wärme statt finde, ersieht jedermann sofort; es fragt sich
wie tief der absolute Nullpunct unter dem Zero unserer T
mometer liegen möge, oder wie grofs die absolute Meng
Wärme in Körpern von gegebener Temperatur nach irgen
ner Scale gemessen seyn möge.

39) Als Wilke, Irvine und Andere die Erscheinu
des specifischen und latenten Wärmestoffes beachtet h
mufsten diese Phänomene nothwendig die Vorstellung vo
nem vorhandenen Quantitativen erzeugen, und da sich
andern Erfahrungen die Entziehungen der Wärme ins U
stimmte steigern liefsen, man aufserdem nicht wufste, bis
weit die Kältegrade steigen möchten, so führte dieses alle
der Frage, wie viele Grade unter dem Nullpuncte der übli
Thermometerscalen der absolute Nullpunct oder die gänz
Abwesenheit aller Wärme liegen möge. Dafs die Beant
tung dieser Frage von hohem Interesse sey, unterliegt kei
Zweifel, allein die Mittel, um zu derselben zu gelangen,
höchst schwierig und haben sehr verschiedene Resultate g
ben. Anfänglich suchte man den absoluten Nullpunct aus
Wärme zu bestimmen, die bei den Mischungen verschied
Substanzen entwickelt wird. Crawford[1] fand ihn auf d
Weise bei — 821° C. Gadolin[2] nimmt im voraus an,
derselbe bei — 777° liege, Dalton[3] aber nahm, als er das Gesetz

---

1 On animal Heat. p. 267. Ueber die thier. Wärme. Ueb. v. Crell. S. 361.

2 Dalton neues System des chemischen Theils der Naturwiss schaft. Ueb. von Wolff. Th. I. S. 98.

3 G. XII. 316. Aus Manchester Mem. 1802. T. V. p. 595.

Digitized by Google

Ausdehnung elastischer Flüssigkeiten aufgefunden hatte, an, dafs die Repulsivkraft jedes Theilchens einer elastischen Flüssigkeit der vorhandenen absoluten Wärmemenge proportional sey, und dafs daher die Durchmesser der repulsiven Sphären jedes Theilchens sich wie die Kubikwurzeln des Raumes verhalten müfsten, den die ganze Masse einnimmt. Da sich nun die Luft von 55° F. bis 212° F. um 0,325 ihres Volumens ausdehnt, so müfsten ihre Wärmemengen sich wie $\sqrt[3]{1000} : \sqrt[3]{1325} = 10 : 11$ nahe genau verhalten und der absolute Nullpunct der Wärme daher bei — 1573° F. = — 874°,6 liegen, was allerdings mit Crawford's Annahme sehr genau übereinstimmt[1].

Später hat Dalton[2] dieses Problem ausführlich untersucht, ist aber blofs dabei stehen geblieben, den absoluten Nullpunct aus den specifischen Wärmecapacitäten der Körper, wie sie durch Mischungen zum Vorschein kommen, abzuleiten, wobei er bemerkt, dafs einige Gelehrte das absolute Zero bei — 500° C., andere bei — 4444° C. setzen, welcher enorme Unterschied das Vertrauen in die dabei zum Grunde liegenden Principien schon im voraus gänzlich aufheben mufs. Er selbst nimmt an, dafs, wenn w und W die Gewichte des kalten und warmen Körpers bezeichnen, c und C ihre Wärmecapacitäten bei diesen Temperaturen, M die Wärmecapacität der Mischung, n die Anzahl der erzeugten Wärme- oder Kältegrade und x die Anzahl von Graden bis zum absoluten Nullpuncte,

$$(cw + CW)x = (w + W)Mx \pm (w + W)Mn$$

sey, woraus also

$$x = \frac{(w + W)Mn}{(cw + CW) - (w + W)M}$$

gefunden werde. Um eine Anwendung dieser Formel zu zeigen, wählt er Wasser und Eis, beide bei 32° F. Zur Verwandlung des Eises in Wasser wird so viele Wärme erfordert, als hinreichen würde, eine gleiche Quantität Wasser um 150° F.

---

1 Crawford giebt diese Gröfse verschieden an. Die hier und oben angenommene ist — 1532° F., nach Henry aber beträgt sie nur — 1630° F. S. G. XII. 561. XIV. 287.

2 Ein neues System des chemischen Theils der Naturwissenschaft. Deutsch von Wolff. Berl. 1812. 2 Th. 8. Th. I. S. 96 ff.

Digitized by Google

wärmer zu machen, und da die Wärmecapacitäten beider K sich wie 9:10 verhalten, so giebt die Formel den Werth x oder den absoluten Nullpunct = 1500° F. = 833° C. ter dem Gefrierpuncte des Wassers. Dalton hält dieses sultat nicht für genau, weil die Wärmecapacitäten der b Körper nicht mit gehöriger Schärfe bestimmt seyen. Er daher den absoluten Nullpunct aus andern Mischungen her, mentlich aus der von Schwefelsäure und Wasser, Kalk Wasser, Salpetersäure und Kalkerde; ferner aus dem Verh nen von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas, von Phosphor, H kohlen, Oel, Wachs, Talg, Aether u. s. w. Um zu ze wie wenig Vertrauen diese Methode einzuflößen im St sey, setze ich die durch Mischung von Schwefelsäure Wasser in verschiedenen Verhältnissen aus Gadolin's Ve chen erhaltenen, unter sich ausnehmend abweichenden Resu nach Fahrenheit's Scale einzeln her, wobei W und w nach obigen Formel die Gewichte der Säure und des Wassers zeichnen, die specifische Wärme des Wassers aber = 1 die der concentrirten Schwefelsäure = 0,339 angenommen den ist.

W	w	n	M	x
4	1	194°	0,442	2936° F.
2	1	203	0,500	1710 —
1	1	161	0,605	1510 —
1	1	108	0,749	2637 —
1	1	51	0,876	3230 —
1	1	28	0,925	1740 —

Das Mittel aus allen diesen Resultaten ist 2300° F. oder 127 Dalton's eigene Versuche geben unter einander minder weichende Resultate. Zuvor wurde die specifische Wärm pacität der stärksten, hierbei angewandten Schwefelsäure 1,855 spec. Gewicht = 0,33 gefunden, und p bezeichnet das spec. Gewicht der Mischung; die übrigen Bezeichnu wie oben.

W	w	p	n	M	x
5,77	1	1,78	160°	0,420	6400° F.
1,60	1	1,52	260	0,553	4150 —
1,00	2	1,25	100	0,764	6000 —

Alle Versuche, wobei n kleiner ist, als 100° F., hält Dal

Digitized by Google

ungenügend, weil der Unterschied zwischen der beobach-
n Capacität der Mischung und der mittleren Capacität zu
ing ist. Wird allen diesen Versuchen ein gleiches Gewicht
gelegt, so ist der mittlere Werth von x = 5517° F. oder
j° C. Stellen wir alle durch DALTON erhaltene Gröfsen
ammen, so wurden folgende höchst abweichende Resultate
ben:

Wasser und Eis	1500° F.
Schwefelsäure und Wasser . .	2300 —
desgleichen	5517 —
Kalk und Wasser	4260 —
Kalk und Salpetersäure . . .	15770 —
desgleichen	11000 —
Verbrennen des Knallgases . .	5400 —
Verbrennen der Holzkohle . .	6000 —
Verbrennen des Oels	6900 —
Verbrennen des Phosphors . .	5400 —
Verbrennen des Aethers . . .	6000 —

Mittel aus allen diesen ist 6368° F. oder 3537° C., DAL-
t findet aber aus den von ihm aufgenommenen Werthen
Mittel 6150° F. oder 3415° C., setzt dieses auf 6000° F.
r 3333° C. herab und glaubt dadurch der Wahrheit min-
ms sehr nahe gekommen zu seyn.

40) Gegen DALTON's erste Bestimmung des absoluten Null-
ktes aus der Ausdehnung der Luft wurden Einwendungen
acht[1], weil die Luft sich durch höhere Wärmegrade weni-
, als durch niedrigere ausdehne, wie DALTON selbst ge-
ben haben wollte, allein Letzterer widerlegt diese durch das
ument, dafs die Grade des Quecksilberthermometers die
lichen Wärmezunahmen nicht genau mäfsen, ein oft ven-
ter Satz, dessen weitere Erörterung jedoch nicht hierher
ört. Die später aus den Mischungen erhaltenen Resultate ver-
ft BERZELIUS[2] deswegen, weil gute und schlechte Beob-
ungen zusammengenommen seyen, und überhaupt bei Ver-
chen dieser Art chemische Wirkungen der verschiedenen zu-
mengesetzten Körper auf einander in Conflict kämen, deren

---

[1] Nicholson's Journ. T. IV. p. 221.
[2] G. LXI. 369.

Digitized by Google

Einflufs sich nicht wohl sondern lasse. Allerdings ist die g
Ungleichheit der einzelnen Bestimmungen höchst auffallend,
Benzenberg glaubt sogar, dafs Dalton die aus Wasser
Eis gefundene Gröfse vernachlässigt, eine Bestimmung aus
ser und Dampf aber gar nicht gesucht habe, weil er im v
für die Gröfse — 6000° F. eingenommen gewesen sey.
zenberg giebt dagegen der Methode, den absoluten Null
aus den Wärmecapacitäten zu berechnen, einen entschied
Vorzug. Ist demnach die Capacität des Eises c = 90
Capacität des Wassers C = 100, die Menge der Wärme,
che durch den Uebergang des Eises zu Wasser versch
wird, n = 66°,6 R. und x der Abstand vom absoluten
puncte in Graden derselben Scale, so ist Cx — cx = C

$$\text{also } x = \frac{Cn}{C-c} = 666° \text{ R.} = 832°,5 \text{ C.}$$

und werden hiervon die 66° R., die beim Gefrieren frei we
abgezogen, so folgt das absolute Zero = 600° R. = 750° C.
auf gleiche Weise die Capacität des Wassers c = 100
des Dampfes = 155 und die Menge der latent werdenden
me n = 420° R. gesetzt wird, so hat man

$$x = \frac{Cn}{C-c} = \frac{155 \times 420}{155 - 100} = 1184° \text{ R.}$$

Hiervon 420°, die beim Dampfe latent werden, und 66°
beim Wasser latent werden, endlich die 80° vom Siedep
des Wassers bis zum Gefrierpuncte desselben abgezogen,
den absoluten Nullpunct bei — 618° R. oder — 772°,
Eis und Wasserdampf giebt auf gleiche Weise

$$x = \frac{Cn}{C-c} = \frac{155 \times 486,6}{155 - 90} = 1160° \text{ R.,}$$

wovon 420° und 66° und 80° abgezogen 594° R. = 7
C. geben. Aus dem Verhalten des Wassers in diesen
Fällen geht also in nicht sehr von einander abweichenden
sultaten die mittlere Bestimmung des absoluten Nullpuncte
604° R. oder 755° C. hervor. Um die Zulässigkeit dieser
thode weiter zu prüfen, müfsten auch mit andern Körpern
suche angestellt werden, und Benzenberg erwartete hie
allerdings Uebereinstimmung, wenn nur die zur Berech
erforderlichen Gröfsen mit hinlänglicher Sicherheit ausgem
wären; allein dieses ist bis jetzt noch nicht thatsächlich
wiesen. Uebrigens ist das Princip, worauf diese Bestimm

Digitized by Google

beruht, sehr einfach, und gegen die Zulässigkeit desselben läfst sich wohl nicht füglich etwas einwenden, vorausgesetzt, dafs entweder überhaupt, oder mindestens bei diesen Versuchen keine anderen Wirkungen der Wärme auf das Thermometer zum Vorschein kommen, als welche auf quantitativer Vermehrung oder Verminderung beruhen. Sollte sich dagegen erweisen lassen, wie mir nicht zu bezweifeln scheint, dafs es auch andere, auf blofsen Undulationen beruhende, Wirkungen der Wärme gibt, so würde hierdurch die Zulässigkeit des aufgestellten Princips mindestens zweifelhaft werden, und auf jeden Fall wären alle solche Versuche für diese Bestimmung unzulässig, bei denen stark einwirkende chemische Thätigkeiten solche Undulationen hervorrufen könnten.

41) Von den Untersuchungen, an welche Flaugergues[1] die Bestimmung des absoluten Nullpunctes knüpft, setze ich blofs das Endresultat her. Hiernach ist das Verhältnifs der absoluten Wärme des siedenden Wassers zu der des schmelzenden Eises = 137168 : 100000, welches die Proportion giebt:

$$37168 : 100000 = 80° : 215°,241,$$

und da sich das Quecksilber um $\frac{1}{5000}$ für jeden Grad R. ausdehnt, so liegt der absolute Nullpunct 209° R. oder 261°,25 C. unter dem Puncte des schmelzenden Eises. Desormes und Clément[2] haben bei ihren gehaltreichen Untersuchungen über die specifischen Wärmecapacitäten der Gase gleichfalls den absoluten Nullpunct zu bestimmen gesucht. Nach ihrer Ansicht sind die Veränderungen der Temperatur im reinen Raume den Veränderungen der absoluten Wärmemengen proportional. Ist daher die absolute Wärmemenge des Raumes für zwei Temperaturen, z. B. 18° und 98° C., gegeben, deren Unterschied 80° beträgt, und ist aus den Resultaten ihrer Versuche bekannt, dafs Luft von 18° in den leeren Raum von 18° dringend bis 102°, Luft von 98° aber, den leeren Raum von gleichfalls 98° erfüllend, nach gehöriger Reduction der Capacität bis 132°,24 erwärmt wurde, so folgt hieraus, dafs der Unterschied der im Raume befindlichen Temperaturen von 98 — 18 = 80° in der Luft bei gleicher Capacität eine Wärme von 132,24 — 102 = 30°,24 C.

---

1 Journ. de Phys. T. LXXVII. p. 290.
2 Ebend. T. LXXIX. p. 321. 343.

Digitized by Google

erzeugt. Nennen wir also x die absolute vorhandene Wär menge bei 18°, so erhalten wir die Proportion:

$$x^\circ : 80^\circ = 102^\circ : 30^\circ,24,$$

woraus $x = 269^\circ,8$ folgt. Man gelangt durch folgende B trachtung zu einem gleichen Resultate. Die Temperaturen v halten sich umgekehrt, wie die Wärmecapacitäten. Hiern verhält sich die des Raumes zu der der Luft, wie das Maxim der erhaltenen Wärmevermehrung zu der absoluten Tempe tur. Die bei 12°,5 angestellten Versuche gaben die für die Ausdruck erforderlichen Werthe, nämlich

$$400 : 100 = 112^\circ : x,$$

woraus $x = 280^\circ$ gefunden wird und also die vorhandene ab lute Wärme für den Punct des schmelzenden Eises $280^\circ - 12$ $= 267^\circ,5$ C. betragen mufste. Die später zu erwä nende, aus der Ausdehnung der trocknen Luft gefundene Gr ist bekanntlich[1] — 266°,66, und es mufs dabei auffallen, d beide aus dem Verhalten der Luft erhaltene Bestimmun ebenso genau mit einander übereinstimmen, als die drei dem Verhalten des Wassers und Dampfes durch Benzenbi entnommenen.

42) Suckow[2] bleibt ganz einfach bei dem eben erwäh ten, durch Dalton gleichfalls in Anwendung gebrachten S stehen, dafs der absolute Nullpunct aus den specifischen W mecapacitäten abgeleitet werden könne. Diesem gemäfs setzt die des Eises = 0,9, wenn die des Wassers = 1 ist, und das Eis bei seinem Uebergange zum Wasser 140° F. Wä verschluckt, so müsse die Wärmemenge im Wasser bei 32° $10 \times 140^\circ = 1400^\circ$ F. oder 777° C. betragen; man jedoch das Princip, worauf diese Bestimmung gegründet nicht für zulässig erkannt, und auf jeden Fall ermangeln hierbei zum Grunde liegenden Gröfsen der erforderlichen G nauigkeit.

43) Zur Bestimmung des absoluten Nullpunctes habe selbst das Verhalten des Wasserdampfes benutzt. Bekanntl

---

1 Den unbedeutenden Unterschied, welcher aus Rudberg's aufgefundenem Coefficienten der Ausdehnung trockner Luft hervorg glaube ich hier nicht beachten zu müssen. Vergl. *Wirkungen Wärme.*

2 Anfangsgründe der Physik und Chemie. Bd. I. §. 620.

Digitized by Google

ist die Summe der latenten und sensibeln Wärme in demsel-
en = 640° C., und wenn er daher die Temperatur des ge-
nierenden Wassers hat, mithin das Thermometer keine positiven
rade sensibler Wärme anzeigt, so beträgt seine latente Wär-
e 640°, worauf man den Schluſs bauen könnte, daſs der ab-
olute Nullpunct der Wärme nicht höher, als diese Gröſse
egen könnte[1]. Bei der Aufstellung dieses Satzes ist sogleich von
ir bemerkt worden, daſs derselbe nicht über alle Einwendungen
rhoben sey, und wirklich ist er auch durch BRANDES[2] im All-
emeinen als zweifelhaft angefochten worden; merkwürdig ist aber,
aſs diese Bestimmung mit den durch DALTON und BENZENBERG
us dem Verhalten des Wassers gefundenen sehr nahe über-
instimmt. Die Aufgabe führt genau erwogen zu folgenden
etrachtungen. Könnte zuvörderst auf diesem Wege der ab-
olute Nullpunct der Wärme ausgemittelt werden, so müſste
ie latente Wärme in den Dämpfen aller verschiedenen tropf-
aren Flüssigkeiten gleich seyn, sofern jene Bestimmung vor-
esetzt, daſs dadurch die ganze Menge vorhandener Wärme
enommen werde und also überhaupt keine mehr vorhanden
y. Da aber die Summe der latenten Wärme in den ver-
chiedenen Dämpfen, jeder bei 0° C. Temperatur genommen,
leich ist[3], so liegt hierin ein bedeutendes Argument gegen
ie Zulässigkeit des ganzen Satzes. Derselbe läſst sich aber
och aufserdem auf folgende Weise anfechten. Die latente
Wärme von 640° C. des Wasserdampfes bei der Temperatur
es schmelzenden Eises ist nach der gangbaren Theorie die
umme der Wärmemolecüle, welche die Molecüle des Wassers
egeben und sie im Zustande der Expansion erhalten. Denkt
an diese als weggenommen, so würden die Molecüle des
Wassers einander so nahe kommen, daſs sie eine tropfbare Flüssig-
eit bildeten, die aber noch 75° C. Wärme abgeben müſste,
m in Eis verwandelt zu werden, welches dann aber noch eine
edeutende Wärmemenge bis zum absoluten Nullpuncte ent-
alten muſs. Die Bestimmung des absoluten Nullpunctes würde
lso hiernach bloſs auf dem Aggregatzustande des Wasserdam-
fes beruhn, was offenbar unzulässig ist.

---

1 S. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 297.
2 Recension meines Handbuches. In Leipz. Lit. Z. 1829.
3 S. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 291.

Digitized by Google

44) Diese Betrachtungen geben einen sehr guten Anh
punct zur Beurtheilung der sonst versuchten Lösungen
ses Problems. Joh. Tob. Mayer[1] nimmt an, der abs
Nullpunct liege 266°,25 C. unter dem Puncte des schmelze
Eises, eine Gröfse, die aus den Gesetzen der Ausdehnung
pansibeler Flüssigkeiten durch Wärme entnommen ist und
her mit den sonstigen, ebendaraus abgeleiteten Bestimmu
genau übereinstimmt. Desormes und Clément[2], indem sie
dem durch Gay-Lussac gefundenen Gesetzen ausgingen, daf
expansibelen Flüssigkeiten sich um 0,00375 ihres Volu
durch jeden Centesimalgrad Wärme ausdehnen, und dieses
setz durch eigene Versuche bei den Luftarten sowohl, als
bei Wasserdampf bestätigt fanden, glaubten, dafs dieses
halten durch die Wesenheit der Gase bedingt seyn müsse
dafs also, da dieselben sich für 1° C. um $\frac{1}{266,66}$ ihres V
mens ausdehnen und von 0° C. ausgehend sich um eb
viel zusammenziehen, die Grenze dieser Zusammenziehung
$\frac{266,66}{266,66}$ liegen müsse, folglich tiefer herab keine weitere Zus
menziehung und keine weitere Erkaltung möglich sey. H
nach fällt also der absolute Nullpunct bei — 266°,66 C.
argumentiren ferner auf folgende Weise. Nimmt man ein
lumen Gas bei 0° C. als Einheit und dehnt sich dieses d
1° C. um $\frac{1}{266,66}$ seines Volumens aus, so wird es bei 266
das doppelte Volumen einnehmen. Hiernach ist also die M
der Wärme, welche das Volumen des Gases um die Ein
vermehrt, genau so grofs, als diejenige, welche die ursprü
lich vorhandene Einheit giebt, und da für die Wärme im Volu
= 2 die von 0° C. hinzugekommene 266°,66 beträgt, so
in der ursprünglichen Einheit des Volumens gleichfalls
Menge Wärme = 266°,66 enthalten seyn. Hiernach bet
also die in der Luft bei 0° Temperatur enthaltene Wä
266°,66 und der absolute Nullpunct liegt also bei — 266°
der Centesimalscale. Es ist allerdings auffallend, dafs d
Gröfse mit der oben nach einer andern Methode gefunde

---

1 Comment. de vi elast. vaporum cet. p. 29.
2 Journ. de Phys. T. LXXXIX. p. 324.

Digitized by Google

: — 267°,5 C. so genau übereinstimmt; allein beide sind auf s Verhalten der Luft gegründet. Nachdem aber LAPLACE[1] h gleichfalls dafür erklärt hatte, dafs auf diese Weise der olute Nullpunct gefunden werde, wurde dieser Satz als unstreitbares Axiom angenommen, und die Physiker gebrauchten ber allgemein die Bestimmung von — 266°,67 zur Bezeichng eines Zustandes gänzlicher Abwesenheit aller Wärme. zt man mit RUDBERG die Ausdehnung der trocknen Luft 1° C. im Mittel = 0,00363, so giebt $\frac{1}{0{,}00363} = 275$ den oluten Nullpunct der Wärme bei — 275° C., welcher Unschied nicht sehr bedeutend ist.

45) Wie allgemein man auch diese Bestimmung als genüd angenommen hat, so führt doch die oben angestellte Bechtung sehr einfach auf diejenigen Argumente, welche die chtigkeit derselben darthun. Die aufgefundene Gröfse von 6°,67 (um bei dieser bisher üblichen stehen zu bleiben) ist hts weiter, als das Mafs derjenigen Wärme, welche dem gemen Volumen der Luft bei gleichbleibendem äufseren Drucke ehört und, man möge sagen, dieses bedingt. Wird die irme eines gegebenen Luftvolumens, von irgend einem Puncte r Thermometerscale ausgehend, um 266°,66 C. vermehrt, wird dasselbe bis zum zweifachen ausgedehnt, und hätte daher, da die Thermometergrade unter 0° der Centesimale keine absolut negativen sind, ein Luftvolumen bei — 266°,66 so würde dasselbe durch Hinzukommen von 266°,66 C. zum pelten wachsen, dieses neue Volumen bei 0° C. aber wieals Einheit genommen würde durch das Hinzukommen von 6°,66 abermals bis zum doppelten vermehrt werden. Hierh müfste also ein Luftvolumen bei 0° C. durch Entziehung 266°,66 C. auf die Hälfte herabsinken, ohne dafs hieraus Uebergang in einen andern Aggregatzustand, als den expanen, folgte. Nach der Analogie vieler Naturerscheinungen s aber jede expansibele Flüssigkeit durch Entziehung einer langlichen Wärmemenge zuerst tropfbar-flüssig werden und n, oder auch unmittelbar, in den Zustand der Festigkeit rgehn, ohne in einem von diesen Zuständen ganz frei a Wärme zu seyn. Nicht blofs der Erfahrung gemäfs, son-

[1] Mécan. Cel. T. V. p. 92 u. a. a. O.

Digitized by Google

dern auch nach jeder Theorie der Wärme, namentlich aber der, wozu sich Laplace bekennt, mufs jeder Körper d Entziehung aller Wärme nicht blofs in den Zustand der stigkeit übergehn, sondern auch seine absolut gröfste Dic keit erhalten. Die Täuschung bei dem Principe, nach wel der absolute Nullpunct gefunden ist, liegt also darin, dafs blofs diejenige Wärme aufgesucht wird, welche das Vol der Gasarten unter gleichbleibendem Drucke bedingt, ohne die nothwendig eintretende Veränderung des Aggregatzust zu berücksichtigen.

46) Hieraus folgt nach meiner Ueberzeugung unw sprechlich, dafs auch die, namentlich von den französi Physikern und wohl allgemein mit so grofsem Beifall a nommene, Bestimmung des absoluten Nullpunctes ungen ist, und somit bleibt also auch dieses wichtige Problem künftigen Lösung vorbehalten. Unter den verschiedenen thoden, welche zur Beantwortung der vorliegenden Frage wandt worden sind, scheint mir die von Benzenberg, nach Vorgange der früheren Physiker, gewählte den Vorzug zu ve nen, weil sie einen hierzu vorzugsweise geeigneten K das Wasser, in seinen drei verschiedenen Aggregatformen Grunde legt, und ich glaube, dafs hiernach der absolute punct weit richtiger bei — 600° R. oder — 750° C. dem Gefrierpuncte des Wassers im genäherten Werthe g wird[1], als nach der fast allgemein üblichen Bestimmung b 266°,67 C.

D. Ursprung der Wärme.

47) Alle Körper haben, ohne den Einflufs specieller U chen, die Temperatur ihrer Umgebung, d. h. die Aeufs

1 Dürfte man diese Bestimmung als genau betrachten, so be die *Höhe der Atmosphäre* nach Bd. VI. S. 1995 = (750 + 25) > Fufs = 20 geogr. Meilen, und etwas geringer, wenn man eine mi Höhe wachsende Abnahme der Wärme in Folge einer gewissen vitation derselben gegen die Erde annehmen wollte, eine mit u weitigen Thatsachen wohl vereinbare Bestimmung. Die Dichtigke Luft würde nach dem Mariotte'schen Gesetze dort etwa 2 Hun milliontel betragen, was man als eine verschwindende Gröfse bet ten kann. Vergl. Bd. I. S. 451.

Digitized by Google

ihrer Wärme, die man auch *sensibele Wärme* nennen könnte, sofern sie auf verschiedene Weise sinnlich wahrgenommen wird, ist der ihrer Umgebungen vollkommen gleich, wie dieses nothwendig der Fall seyn muſs, wenn man einen elastisch-flüssigen Wärmestoff annimmt, welcher sich daher nach allen Seiten hin im Gleichgewicht setzt. Ueber die absolute, in ihnen dann vorhandene Wärme können wir hiernach nicht urtheilen, theils weil uns der absolute Nullpunct der Wärme nicht bekannt ist, theils weil auch, wenn dieser bekannt wäre, die specifische Wärmecapacität der verschiedenen Körper einen Unterschied herbeiführen würde. Häufig aber nimmt diese Aeuſserung ihrer Wärme zu oder ab; wir nennen die Körper hiernach wärmer oder kälter und nehmen an, daſs sie mehr oder weniger Wärme besitzen, als ihre Umgebungen. Beide Zustände können nur dadurch hervorgerufen werden, daſs sich entweder die Wärme in den Körpern selbst entwickelt, oder daſs sie ihnen von aufsen zugeführt wird, wobei für die Erkaltung das Entgegengesetzte statt findet. Lassen wir vorläufig die Zuführung und Ableitung der Wärme, das Abgeben oder Entziehen derselben durch andere Körper unberücksichtigt (wobei zugleich die Gesetze des Ueberganges der Wärme von einem Körper zum andern in Betrachtung kommen, welches gesammte Verhalten in einem eigenen Abschnitte über *Wärmeleitung* untersucht werden soll), so lassen sich die verschiedenen Arten der Wärmeerregung unter folgende Hauptclassen bringen: 1) durch die Sonnenstrahlen; 2) durch Zusammendrückung und Reibung; 3) durch Verbindung heterogener Stoffe, kurz ausgedrückt durch Chemismus; 4) durch vegetabilischen und animalischen Lebensprocefs; 5) durch Elektricität. Wir wollen diese verschiedenen Arten einzeln untersuchen.

1) Wärmeerregung durch die Sonne.

48) Die Strahlen der Sonne, oder überhaupt das Sonnenlicht, erzeugen Wärme, mögen sie direct oder nur nach Reflexion auf die Körper fallen, und zwar eine ihrer Intensität stets proportionale, mithin eine fast unmerkliche, wenn sie durch die obwaltenden Bedingungen sehr geschwächt sind. Um daher zu prüfen, ob die Intensität des Lichtes noch stark genug zur Erzeugung sehr geringer Grade von Wärme sey, dient haupt-

Digitized by Google

sächlich Leslie's *Differentialthermometer* von der oben schriebenen Construction[1], wodurch man sich überzeugen k dafs selbst das blofse Tagslicht in nördlich gelegenen Zimm also ohne directen Einflufs der von der Sonne unmittelbar fallenden Strahlen, noch eine geringe Vermehrung der Ter ratur bewirkt.

Dafs die erwärmende Kraft der Sonnenstrahlen nach Durchsichtigkeit des Mediums, durch welches sie dringen, der Beschaffenheit der Körper, auf welche sie fallen, versc den sey, ist allgemein bekannt. Wenn wir von allen di Bedingungen abstrahiren, so ergiebt die Erfahrung, dafs Menge der erzeugten Wärme der Menge der in gleichen ten auffallenden Lichtstrahlen oder der Gröfse der sie auf genden Fläche proportional sey[2]. Die Intensität der erz ten Wärme kann daher ausnehmend vermehrt werden, v man die Summe der auf eine gegebene Fläche fallenden S nenstrahlen auf eine ungleich kleinere concentrirt, worauf Wirkung der Brennlinsen und Brennspiegel gegründet Diese Verkleinerung beruht auf der Brennweite der Spiegel Linsen und beträgt den 215. Theil derselben[4], oder = 0,00 f, wenn f die Brennweite bezeichnet. Heifst demnach die tensität der durch frei auffallende Sonnenstrahlen erzeu Wärme i, der im Brennraume I, die Chorde der Linse des Spiegels D, so ist

---

1 S. Art. *Thermometer*. Bd. IX. S. 994.

2 Nach Fourier in Ann. de Chim. et Phys. besitzen alle Plan Wärme, die sie aus dem Weltraume oder durch die Sonnenstra erhalten. Sie ist der Entfernung von der Sonne umgekehrt pro tional und manchen andern Bedingungen unterworfen. An den P ist daher bei allen Planeten die Wärme gleich und beim Uranus die ganze Oberfläche nicht wärmer. Die Richtigkeit dieser Behaupt möge auf sich beruhn.

3 Richmann stellte unlängst eine Reihe von Versuchen an, das Verhältnifs der Hitze im Lichtkegel hinter Brennlinsen in schiedenen Entfernungen von der Glasfläche aufzufinden, allein es lang ihm wegen der grofsen obwaltenden Schwierigkeiten nicht, we hierüber noch über das Verhältnifs der blofsen und der durch Lin concentrirten Sonnenstrahlen hinsichtlich ihrer erwärmenden Kraft einem sicheren Resultate zu gelangen. S. Nov. Comm. Soc. Petr T. III. p. 340. T. IV. p. 277.

4 Vergl. *Brennraum*. Bd. I. S. 1216.

Digitized by Google

$$I = i \frac{D^2}{(0{,}0093)^2 f^2} - k,$$

wo k denjenigen Verlust bezeichnet, welcher aus den Bedingungen dieser Concentrirung nothwendig hervorgeht. Die erwärmende Kraft der Sonnenstrahlen ist nach den verschiedenen Umgebungen sehr ungleich (§. 50), inzwischen wird man sich von der Wahrheit nicht sehr entfernen, wenn man sie zu 10° annimmt[1]. Hat man demnach eine 9zollige Linse, deren Brennweite 18 Z. beträgt, so würde sich schon damit eine Hitze von $10. \frac{81}{0{,}00008649 \times 324} = 28900°$ C. — k herausstellen. Man wird sich von der Wahrheit nicht merklich entfernen, wenn man den Durchmesser des Brennraumes = 0,01 f setzt, wodurch die Rechnung sehr erleichtert wird; allein die Grösse k ist sehr schwer nur in genäherem Werthe bestimmbar, denn es kommt dabei nicht blofs die Menge des Lichts in Betrachtung, die durch die Fläche des Spiegels oder die Substanz der Linse verloren wird und die man füglich mindestens auf 10 anschlagen kann[2], sondern auch diejenige, die aus der Beschaffenheit des erzeugten Brennraumes nothwendig hervorgeht[3]. So mächtig wirkend daher auch manche berühmte Brennspiegel und Brenngläser seyn mögen[4], so bleiben doch ihre Wirkungen weit hinter den theoretisch gefundenen zurück. Um eine zu grofse Dicke der Linsen zu vermeiden und dennoch die Brennweite kleiner zu machen, pflegt man hinter der gröfseren Linse noch eine Collectivlinse, beider Axen in einer geraden Linie liegend, anzubringen. Eine solche verfertigte neuerdings Parker zu Islington für einen gewissen Parker, die grofse von 3 engl. Fufs, die kleinere von 16 Z. Durchmesser, im Rahmen von 2 F. 8,5 Z. und 13 Zoll, deren Wirkung zwar überraschend war, doch aber der des Knallgasgebläses nachstand. Sie sollen sich jetzt in China befinden[5].

49) Die erwärmende Kraft der Sonnenstrahlen ist unter

---

1 Vergl. Hoffmann's Versuche in Lambert's Pyrometrie. S. 159.

2 So grofs war der Verlust, welchen die besten Linsen in den Versuchen von Pouillet erzeugten. S. dessen Mémoire sur la chaleur solaire. Par. 1838. 4. p. 4.

3 S. Art. *Brennraum* a. a. O.

4 S. Art. *Brennglas* und *Brennspiegel*. Bd. I. S. 1205. 1217.

5 Laboratorium. Ht. XXVII. Taf. 107.

Digitized by Google

günstigen Umständen, selbst wenn sie nicht durch Brenn
oder Brennspiegel concentrirt sind, ausnehmend grofs. U
zu messen, hat der jüngere Herschel[1] einen eigenen A
das *Aktinometer* (von *ἀκτὶν* der Strahl und *μετρέω* ich m
erfunden. Dieses noch nicht allgemein in Gebrauch g
mene Instrument ist ein Thermometer mit sehr grofsem
drischen Behälter und einer in willkürliche Theile get
Scale, an welcher auch die kleinsten Veränderungen
nehmbar werden, weswegen das Gefäfs mit einer Schraub
sehen ist, damit durch deren Herunterlassen die Flüssigk
der Röhre wieder herabsinkt, um nicht überzufliefsen.
Gefäfs von farblosem Glase ist mit einer intensiv blauen
sigkeit gefüllt, damit die eindringenden Sonnenstrahlen
Fig. von innen erwärmen[2]. Die an die weitere Röhre angesch
37. engere ist eine etwas weite Thermometerröhre, an deren o
Ende sich eine in eine feine Spitze ausgezogene Kugel be
in welche die Luft dringen kann. Am untern Ende des
ten Cylinders ist eine Messinghülse angekittet, durch w
eine gut schliefsende Schraube mit einem kleinen Embolus
welcher dazu dient, die Flüssigkeit mehr in die Höhe zu
ben. Die im Cylinder befindliche Flüssigkeit scheint
Kämtz eine dunkelblaue Solution irgend eines Kupfersalz
seyn[3]. Wird die Spitze der obern Kugel, worin sich
befindet, mit etwas Wachs verschlossen, so hat man ein
empfindliches Thermometer, welches man mit einer Scale
sieht und in einem inwendig geschwärzten, durch eine
gelglasplatte gegen den Luftzug gesicherten Kasten befe
Vermittelst der Schraube und des Embolus kann man bei
äufsern Temperatur den Stand der Flüssigkeit so reguliren,
sie weder in den Cylinder herabsinkt, noch in die Kugel hin
steigt, wobei zugleich dafür gesorgt werden mufs, dafs sich
Luftblasen in der Flüssigkeit eingeschlossen befinden, w
man sich am besten durch einige Neigung des Instrum

---

1 L'Institut. 1834. N. 74. Poggendorff's Ann. XXXII. Kämtz Meteorologie Th. III. S. 15. Ein hiervon verschiedenes, d Pouillet angegebenes Aktinometer wird später beschrieben werde

2 Diese Apparate werden von Robinson in London, Devons Street, Portland-Place verfertigt.

3 In der Regel schwefelsaures Kupferammoniak. S. Lond. Edinb. Phil. Mag. N. XCV. p. 207.

Digitized by Google

erzeugen kann. Sind deren vorhanden, so entfernt man sie durch, dafs man die Flüssigkeit so lange in die Höhe schraubt, s ein Theil derselben und damit zugleich die Luftbläschen die obere Kugel treten, worauf man den früheren Stand, der Faden in der Thermometerröhre ungefähr bis in die reicht, wieder herstellt. Die Sonnenstrahlen müssen lothauf die Glasplatte fallen, damit der aliquote, durch diese verursachte Verlust sich stets gleich bleibt, eine Bedin-, die durch untergelegte Klötzchen leicht erreicht wird, man beachtet, dafs keine der unter sich parallelen Seiten Kastens einen Schatten wirft[1]. Um mit dem Aktinometer beobachten, mufs man dasselbe zuvor eine Minute im Schatam Beobachtungsorte hinlegen, damit es die Temperatur Umgebung annehme, dann ebenso lange den Sonnenstrahlen setzen und sofort ebenso lange im Schatten liegen lassen. man das Mittel aus dem ersten und zweiten Stande selben im Schatten und zieht dieses vom Stande desselben der Sonne ab, so hat man das Mafs für die Einwirkung der nenstrahlen in einer Minute. Nach vielen Versuchen hat das Instrument als zuverlässig und sehr empfindlich bewiesen.

Um die Grade des Aktinometers auf eine normale Gröfse zurückzuführen, hat Herschel[2] den Ausdruck *Aktine* vorgeschlagen, dessen allgemeine Aufnahme er wünscht. Multiplicirt die Scalentheile mit 6,1, so ist das Product die Strahlung Aktinen, d. h. derjenigen Strahlung, welche bei senkrechtem Fallen der Sonnenstrahlen hinreichen würde, um in einer Minute mittlerer Zeit eine Eisschicht von einem Milliontel Meter Höhe zu schmelzen, wenn diese ihr in horizontaler Lage ausgesetzt wäre. Als Beispiel zur Erläuterung führt er folgendes an. Am 21. März wurden am Instrumente 36,4 Scalentheile gelesen, welches $36{,}4 \times 6{,}1 = 422{,}04$ Aktinen giebt. Eine dieser gleiche fortdauernde Wirkung würde in 1 Minute 0,00022204 Meter = 0,008742 Zoll Eis schmelzen, oder in einem mittlen Sonnentage 1,049 Fufs, also in einem Sideraljahre 338,16 Fufs. Die Oberfläche der ganzen Erde beträgt viermal den Durch-

1 Eine sehr weitläuftige Anweisung zum Gebrauche dieses Instrumentes ist den Offizieren bei der antarktischen Expedition ertheilt worden. S. Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XCV. p. 207—214.

2 Poggendorff's Ann. XLI. 559.

Digitized by Google

schnitt des auf sie fallenden Sonnenstrahlencylinders, und da wirklich von der Erde empfangene Wärme gröfser ist, als je an ihrer Oberfläche beobachtete Maximum, so folgt, dafs jährlich auf unsere Erde fallende Sonnenwärme wenigstens über ihre Oberfläche verbreitete Eisschicht von 84,54 F. schmelzen vermögen würde, wodurch zugleich ein Mafs Gesammtwirkung der Sonnenstrahlen gegeben ist.

50) Dafs die im Kasten erzeugte Wärme hierbei von flufs sey, unterliegt keinem Zweifel; inzwischen ist dieser flufs ein constanter, welcher bei einem blofs unter sich gleichbare Resultate gebenden Apparate nicht nachtheilig kann, vielmehr nur die Empfindlichkeit desselben er Schon viel früher hat DE SAUSSURE[1] ein ähnliches, je minder geeignetes, Instrument gebraucht, um die erwärm Kraft der Sonnenstrahlen zu messen, und ihm den Namen *liothermometer* gegeben. Dasselbe bestand aus einem Käst von tannenen 0,5 Z. dicken Bretchen, im Innern 1 F. lang, breit und ebenso hoch. Der ganze innere Raum war mit schwärzten, 1 Z. dicken Korkscheiben ausgefüttert und w dann durch drei in Falzen verschiebbare, sehr durchsic Glasscheiben verschlossen, welche in einem Abstande von 1 von einander eingeschoben wurden. Im Innern befand ein Thermometer, welches den gerade auffallenden Son strahlen ausgesetzt war. Bei einem auf dem Gipfel des mont angestellten Versuche stieg nach mehreren Stunden innere Thermometer bis 87°,5, ein zweites, aufsen am K chen befestigtes, bis 26°,2, ein drittes aber, 4 Fufs über Boden den Sonnenstrahlen ausgesetztes, nur bis 6°,2. Unterschied beider Apparate besteht hauptsächlich darin, im letzteren die Wärme sich in der längeren, mehrere Stu betragenden Zeit anhäufen soll, bis sie ihr Maximum err hat, wobei aber die gleichzeitig statt findende Abkühlung aufsen sich nicht allezeit gleich ist, nicht zu rechnen, während der langen Dauer des Versuches leicht anderw modificirende Bedingungen eintreten können. Am weni durch unbestimmbare äufsere Einflüsse bedingt sind die POUILLET[2] mit seinem *Aktinometer* (§. 95) angestellten

1 Reisen durch die Alpen. Th. IV. S. 109. §. 932.
2 Mémoire sur la Chaleur solaire. Par. 1838. 4. p. 48.

Digitized by Google

piche, woraus hervorgeht, dafs nach den verschiedenen Verhält-
nissen die durch die Sonnenstrahlen erzeugte Wärme die der
Umgebung um 3° bis 64° übertreffen kann. Dagegen sah Ro-
mos[1] bei einem ähnlichen Apparate, als dem von DE SAUS-
SURE angegebenen, das Thermometer in den Sonnenstrahlen
zuweilen bis 110°, ja sogar bis 114° C. und dem Scheine
eines sehr hellen Feuers ausgesetzt bis 100° C. steigen. Ue-
brigens sind die häufig vorkommenden Angaben über den Un-
terschied der Thermometerstände in den Sonnenstrahlen und im
Schatten ohne eigentlichen wissenschaftlichen Werth, da sie
zu keinem bestimmten Gesetze führen, weil stets neue einfluſs-
reiche Bedingungen einwirken. Dahin gehört, dafs die metal-
lische Oberfläche des Quecksilbers die Lichtstrahlen weit mehr
zurückwirft, als die des Weingeistes; bei beiden Arten von
Thermometern kommt aber die Durchsichtigkeit des Glases der
Kugel sehr in Betracht und endlich der Wind, welcher die
Wärme ableitet. Unter die genauern Versuche dieser Art ge-
hören die von FLAUGERGUES[2] in grofser Menge angestellten,
welchen auch die letztere Bedingung berücksichtigt ist. Als
Resultat ergiebt sich aus ihnen, dafs die Jahreszeiten kei-
nen sehr merklichen Einfluſs auf den Unterschied der Thermo-
meterstände in der Sonne und im Schatten äufsern, wohl aber die
Winde, gleichviel in welcher Richtung zu den auffallenden
Sonnenstrahlen sie wehen. Bei vollkommener Windstille war
der Unterschied im Winter 10°,89, im Sommer 10°,94 C.

51) Einen sehr schätzbaren Beitrag zur Bestimmung der
erwärmenden Kraft der Sonnenstrahlen verdanken wir den Be-
obachtungen RUMFORD's[3]. Dieser liefs sich von dem bekannten
Künstler LEREBOURS zwei ganz gleiche biconvexe Linsen von
5 Z. Oeffnung und 11 Z. 6 Lin. Brennweite verfertigen, fafste
sie in einen nach allen Richtungen durch Charniere beweglichen
hölzernen Rahmen und umgab beide mit einem genau 3,5 Z. wei-
ten Ringe von polirtem Messing, um durch sie zwei Licht-
kegel von ganz gleicher Basis zu erhalten. Hinter den Schirm
stellte er auf beweglichen Stativen zwei flache, gleichfalls völlig

---

1 BLACK Lectures. T. I. p. 547.
2 Journ. de Phys. T. LXXXVII. p. 256.
3 G. XX. 177. Journ. de Phys. T. LXI. p. 32. Aus Mém. de la Soc. T. VI. p. 123.

Digitized by Google

gleiche Behälter von Messingblech, deren Seiten 3 Z. 10,5 Durchmesser hatten, während die Dicke des eingeschlos mit Wasser gefüllten Raumes 0,5 Z. betrug. Sie waren wärts blank polirt, die eine Fläche aber mit Lampenrufs zogen; die Quantität des Metalles und des eingegossenen sers war bei beiden gleich; auch enthielten beide mö gleiche, in das Wasser eingesenkte Thermometer. Beid fäfse stellte er in ungleicher Entfernung so hinter die L dafs durch gehörige Bewegung des Apparats die Axe Lichtkegel anhaltend auf die Mitte der geschwärzten F fielen, und mafs die Zeiten, in welchen ihre Temperatu zu gleichen Graden stiegen. Hierbei zeigte sich, dafs Gefäfse in gleichen Zeiten gleiche Zunahmen der Wär hielten, die Durchschnittsflächen der auffallenden Lich mochten gröfser oder kleiner seyn, z. B. bei einem Ver als der Durchmesser des Sonnenbildes auf der einen 6 Lin., auf der andern 24 Lin. betrug; ja es war dieses der Fall, als das eine Gefäfs 1 Zoll diesseit, das ander jenseit des Brennpunctes stand; als aber die eine Linse genommen war und ein dem früheren gleicher Lichtkege fiel, war die erzeugte Erwärmung ungleich stärker[1]. Ru zieht hieraus den Schlufs, dafs die Quantität Wärme, welche die Sonnenstrahlen erregt und mitgetheilt wird, unter Umständen der Quantität Licht gleich ist, die verschluckt Diesemnach ist also, wie oben bemerkt wurde, die ab Menge der durch Brenngläser und Brennspiegel erzeugten W kleiner, als die durch freie Lichtcylinder von gleicher G fläche hervorgebrachte, und die blofs scheinbare Verme ist Folge der starken Concentrirung auf einen ungleich k ren Raum. Hier kann auch noch die durch Flaugergu bei Gelegenheit der Sonnenfinsternifs im J. 1820 gemachte achtung erwähnt werden, wonach die Sonnenstrahlen eine che erwärmende Kraft besitzen, sie mögen vom Rande aus der Mitte der Sonne kommen.

52) Um die verschiedenen Bedingungen, welche i

---

1 Aus Melloni's demnächst zu erwähnenden Versuchen fol ses nothwendig, denn das Glas ist in einem weit höheren Grad phan als diatherman (§. 811).

2 Journ. de Phys. T. XCII. p. 435.

Digitized by Google

ehung auf die Erregung der Wärme durch die Sonnenstrahlen
n berücksichtigen sind, übersichtlicher darzustellen, wollen wir
e einzeln untersuchen, so weit sie sich von einander abge-
ondert darstellen lassen.

a) Eine der wesentlichsten Bedingungen ist die *Höhe der*
ne, sofern die Sonnenstrahlen hiernach gerader oder schiefer
fallen. Betrachtet man die auf der Erdoberfläche erzeugte
ärme blofs als Folge der lothrecht oder in einem gewissen
nkel schief auffallenden Sonnenstrahlen, so hat L. Euler[1]
unter verschiedenen Breitengraden erzeugte durch Berech-
ng auszudrücken gesucht, und schon Halley[2] hat den Wech-
derselben in den verschiedenen Jahreszeiten bestimmt; allein
rbei ist zugleich die wachsende Dicke der Luftschicht, wel-
die Lichtstrahlen bei schieferem Auffallen zu durchdringen
ben, sehr zu berücksichtigen. Halley liefs diese Bedingun-
n unberücksichtigt und setzte die Wirkung der Sonnenstrah-
gegen die Erdoberfläche, indem er dieselbe mit dem Stofse
es elastischen Körpers verglich, dem Sinus des Winkels
portional, welchen sie mit den gestofsenen Flächen bilden.
ifst also dieser Winkel h und ein Element des Stunden-
kels ∂t, so erhält man

$$\text{Sin. } h\,\partial t.$$

eichnet dann φ die Breite eines Ortes und δ die Abwei-
ng der Sonne, t den halben Tagebogen, so giebt das In-
gral dieser Formel den Ausdruck:

$$\text{Cos. } \varphi \,.\, \text{Cos. } \delta \,\text{Sin. } t + \text{Sin. } \varphi \,\text{Sin. } \delta \,\text{Cos. } t,$$

nach die Wirkung der Sonne unter dem Aequator in den
chtgleichen für den halben Tagebogen $=$ Sin. t Cos. $\delta = 1$
d also für den ganzen Tag $= 2$ seyn würde. Da aber nicht
fs der dem Sinus des Einfallswinkels proportionale Stofs der
nnenstrahlen, sondern auch die Menge der in einem gegebe-
n Zeitelemente auffallenden Sonnenstrahlen zu berücksichtigen
ien, welche gleichfalls dem Sinus des Einfallswinkels pro-
rtional ist, so setzte man die Wirkung der Sonnenstrahlen
m Quadrate des Sinus des Einfallswinkels oder dem Qua-
te des Cosinus der Breite proportional. Diesemnach wäre
so die Intensität der Sonnenstrahlen, wenn sie unter dem

1 *Comm. Petrop.* T. XI. p. 82.
2 *Phil. Transact.* N. 203. T. XVII. p. 878.

Digitized by Google

Luft erleiden, und fanden dann, dafs selbst bei dem heiter Wetter dieser Verlust für eine Luftschicht von 6000 Fufs D nicht weniger als 0,2 beträgt. In gleichen Erhebungen der Meeresfläche wechselt die Intensität der Sonnenstra nicht selten sehr bedeutend, ohne dafs eine veränderte Trüb in solchem Grade wahrnehmbar wird, als man erwarten soll

54) c) Die dritte, bei weitem bedeutendste und am lä sten bekannte Bedingung, wovon die erwärmende Kraft Sonnenstrahlen am meisten abhängt, ist die *Beschaffenheit hauptsächlich die Farbe* der Körper, worauf sie fallen. gemein bekannt ist zuerst, dafs sowohl die Lichtstrahlen, auch die Wärmestrahlen von polirten Flächen zurückgewo werden; das Erstere, was näher bezeichnet Spiegelung he gehört nicht hierher, das Zweite, welches zur Wärmestrahl gehört, wird später ausführlicher erörtert werden, und es bl also hier nur im Allgemeinen zu bemerken, dafs die Sonn strahlen in Körpern mit rauher Oberfläche mehr Wärme wickeln, als wenn sie auf eine glatte auffallen. Bei wei vom gröfsten Einflusse ist aber die Farbe der Körper, in w cher Beziehung als allgemein gelten kann, dafs dunkle m erhitzt werden, als helle. Schon Cartesius[1], welcher die rückwerfung der Lichtstrahlen mit seiner allgemeinen Bew gungstheorie in Verbindung brachte, bemerkte, dafs weifse K per das Licht mehr zurückwerfen, schwarze mehr verschluck Kepler[2] kannte die Thatsache, leitete aber die Ursache da ab, dafs schwarze Körper trockner und entzündbarer seyen, anders gefärbte. Die ersten umfassenden und eigentlich w senschaftlichen Versuche über dieses Problem stellte Robe Boyle[3] an und machte sie schon im Jahre 1663 bekannt. dem er verschiedenfarbige Papierstreifen in einem dunk Zimmer den einfallenden Lichtstrahlen aussetzte, fand er, d weifse am meisten Licht reflectirten; als grüne, rothe und bl verglichen wurden, reflectirten die rothen am meisten, gelb grün und blau verglichen gab mehr, auch etwas mehr als p purfarbenes, doch reflectirte blaues mehr als purpurfarben Wenn er seine Hände mit einem weifsen und einem schwar

1 Dioptrica. p. 50.

2 Dioptrica. Prop. 13. Vergl. Priestley History of discover relating to vision cet. Lond. 1772. p. 141.

3 Works. By Birch. Lond. 1772. T. I. p. 725.

Digitized by Google

Handschuh den Sonnenstrahlen aussetzte, wurde der schwarze sehr erhitzt. Zu einem weiteren Versuche nahm er einen langen und breiten Dachziegel, überzog die eine Hälfte schwarz, die andere weifs und fand beim Aussetzen an die Sonnenstrahlen, dafs die weifse Hälfte kalt blieb, während die schwarze stark erhitzt wurde. Demnächst liefs er zwischen beiden gefärbten Ueberzügen einem Theile seine natürliche rothe Farbe, und fand, dafs Weifs am wenigsten, Roth mehr und Schwarz am stärksten erhitzt wurde, auch berichtet er, von einem glaubwürdigen Freunde gehört zu haben, dafs schwarz gefärbte Eier in heifsen Klimaten kurze Zeit den Sonnenstrahlen ausgesetzt gekocht werden. Dr. Hooke[1] vermehrte die bis dahin bekannten Thatsachen durch die Bemerkung, dafs, wenn weifs und schwarz gefärbter Marmor unter gleichen Bedingungen den Strahlen eines Küchenfeuers ausgesetzt wurden, der schwarze eine höhere Temperatur annahm. Sehr zahlreiche Versuche über die ungleiche Erwärmung verschiedener und verschieden gefärbter Körper durch die Sonnenstrahlen verdanken wir dem immer fleifsigen Peter van Musschenbroek[2], indem er das Verhalten gleich grofser Streifen von Eisen, Blei, Marmor, Schwefel, Alaun, Holz, Federn, Wolle, Baumwollenzeug, Leinwand, Seidenzeug, behaarter Thierhäute u. s. w., so wie die Erwärmung gleicher, mit verschiedenen Farben überstrichener Holzstreifen vermittelst eines empfindlichen Lufthermometers untersuchte und im Ganzen das Resultat erhielt, dafs dunkle, das Licht weniger durchlassende und wenig reflectirende Körper am stärksten erhitzt werden. Joh. Heinr. Lambert[3] bestätigte die von Dalenzé gemachte Erfahrung, dafs von zwei gleichen, in den Sonnenstrahlen liegenden Stücken Marmor das schwarze sehr, das weifse nur unmerklich erhitzt wurde, desgleichen den von Pistoi zu Siena angestellten Versuch, welcher die eine Halbkugelfläche eines Quecksilberthermometers mit Lampenrufs schwärzte, worauf dieses im Schatten 26°,25 C., mit der freien Seite gegen die Sonne gehalten 40°, mit der geschwärzten 43°,75 zeigte, und wurde hierdurch zu einer grofsen Reihe eigener Versuche mit ungefärbten, geschwärzten

---

1 Birch History of the Royal Soc. T. IV. p. 175.
2 Introductio ad Phil. Nat. T. II. p. 641. 651.
3 Pyrometrie. Berl. 1779. 4. S. 151.

Digitized by Google

und verschieden gefärbten Quecksilber- und Weingeistthermometern veranlafst, welche im Allgemeinen das Resultat gaben, d unter übrigens gleichen Bedingungen die Erwärmung dunk Körper am stärksten ist. Ueberblickt man aber die erstaun che Menge von Thatsachen, welche Beckmann[1] aus ni weniger als 204 Versuchsreihen entnommen und zusamme gestellt hat, worin er die erwärmende Kraft der Sonnenstrah bei den verschiedensten, vielfach modificirten und ungleich f bigen oder gefärbten Körpern erforschte, so gelangt man zu Ueberzeugung, dafs hierdurch die Aufgabe, sofern es sich blofs die Erfahrung handelt, hinlänglich erschöpft ist; es würde a eine nochmalige sehr schwierige und weitläuftige Arbeit erfo dern, wenn man unternähme zu bestimmen, wie und auf w che Weise die erwärmende Kraft der Sonnenstrahlen durch Gefüge, die Dichtigkeit, die chemische Natur und die Farbe verschiedenen Körper bedingt wird.

55) Am bekanntesten sind die Versuche, welche Franklin ungefähr 100 Jahre später als Boyle, anstellte und im Jal 1761 bekannt machte. Im Allgemeinen fand er, dafs schwa Kleider in der Sonne mehr erwärmen, als weifse, auch gleic mäfsig nafs schneller trocknen, desgleichen dafs die Strahl eines Feuers leichter durch schwarze als durch weifse Strümp dringen. Dieses veranlafste ihn, gleich grofse Scheiben ve schiedenfarbigen Tuches an heitern Tagen Morgens auf ein freien Schneefläche auszubreiten. Die Farben waren schwa dunkelblau, hellblau, grün, purpurn, roth, gelb, weifs und e nige zwischenliegende gemischte Farben. In wenigen Stund war die schwarze Scheibe so tief eingesunken, dafs die Sonne strahlen sie nicht mehr erreichten, die dunkelblaue fast ebens die hellblaue weniger und die übrigen Farben um so viel weniger je heller sie waren, die weifse aber war gar nicht eingesunke Watson[3] hing bei heiterem Himmel ein Thermometer in d Sonnenstrahlen und fand, dafs es sofort stieg, bei 42°,2 aber stationär wurde. Alsdann überzog er die Kugel mit Tusc

---

1 Versuche über die Erwärmung verschiedener Körper durch d Sonnenstrahlen. Eine von der Gött. Soc. gekrönte Preisschrift. Karls 1811. 8.

2 Letters on philos. subjects. p. 56. Works. Lond. 1816. T. p. 109. Vergl. Journ. de Phys. 1773. T. II. p. 381.

3 Philos. Trans. abridg. T. VIII. p. 371.

Digitized by Google

durch seine Wärme augenblicklich vermindert wurde, nach- r aber stieg sie wieder bis 47°,8. Aehnliche Versuche, als ese, gehören zu den frühesten des Sir Humphry Davy[1]. ieser nahm 6 Kupferscheiben, jede 1 Zoll ins Gevierte und 2 n. dick, überzog die eine Fläche mit weifser, gelber, rother, ner, blauer und schwarzer Farbe und brachte im Centrum r andern eine Zusammensetzung von Oel und Wachs an, die i 24°,5 C. schmolz, befestigte dann alle auf einer weifsen fel und setzte sie den Sonnenstrahlen aus. Das Cerat schmolz i der schwarzen zuerst, dann bei der blauen, nächstdem bei der nen und rothen, am spätesten bei der gelben, und bei der ifsen war es kaum erweicht. Weitere Versuche über diesen genstand sind von ihm nicht bekannt, inzwischen sagt er[2] Allgemeinen, dafs die Fähigkeit, durch die Strahlen der ne und des Küchenfeuers erwärmt zu werden, nach der chaffenheit der Körper sehr verschieden sey und haupt- hlich mit ihren Farben im Zusammenhange stehe. Schwarze per werden stärker erhitzt, als rothe, und so abnehmend ch grüne und gelbe bis zum Minimum bei den weifsen. talle werden weniger erhitzt, als Steine oder als vegetabili- e und thierische Körper, polirte Flächen weniger als rauhe. n Leslie[3] überzog drei Seiten eines würfelförmigen zin- nen Gefäfses mit Lampenrufs, Bleiweifs und Mennig, und d deren Erwärmung, wenn sie den Sonnenstrahlen ausge- t wurden, im Verhältnifs von 100 zu 85 und 90. Auf iche Weise fand Cavallo[4], dafs ein Thermometer mit ge- rwärzter Kugel, den Strahlen der Sonne und des Feuers aus- etzt, höher stand, als eins mit nicht geschwärzter; nach ctet's[5] Versuchen aber standen beide im Schatten gleich ch.

56) Eine Reihe von Versuchen über die Fähigkeit ver- iedener Holzarten, durch Sonnenlicht erwärmt zu werden, t Schmidtmüller[6] mitgetheilt. Alle von ihm verwandte

---

1 Contributions to physical knowledge. By Th. Beddoes. Bristol 99. p. 44.
2 Elements of chemical philosophy. Lond. 1812. T. I.
3 Essay on Heat. p. 93.
4 Philosophical Transactions. 1792.
5 Essay sur le Feu. chap. IV.
6 G. XIV. 506.

Digitized by Google

Hölzer waren vorher hinlänglich ausgetrocknet, wurden
zu Spähnen geraspelt und diese in ein Kästchen von der n
lichen Holzart gethan. Da es aber den Versuchen an ei
eigentlichen Puncte der Vergleichung fehlt, so theile ich
einige allgemeine Resultate mit. In Kirschbaumholz stieg
Thermometer binnen 72 Minuten von 18°,75 auf 34°, w
rend ein anderes Thermometer in der Sonne 37°,5 zeigte
Erlenholz binnen 82 Minuten von 17°,5 auf 32°,5, wäh
das Thermometer in der Sonne von 31°,25 auf 41°,25 st
in wildem Birnbaumholze stieg das erstere binnen 88 Min.
20° auf 30°, das letztere von 37°,5 auf 40°; in Weifstann
holz waren binnen 90 Min. beide Stände von 20° bis 31°
von 37°,5 bis 41°,25, in Espenholz binnen 89 Minuten von
bis 31° und von 38° bis 42° gestiegen. Hiernach schi
also das im Ganzen weifse Holz gegen die stärkere Wärm
regung, wobei jedoch wohl zu berücksichtigen ist, dafs
den angegebenen Versuchen eigentlich der Stand des Ther
meters in den verschiedenen Holzarten mit dem eines an
Thermometers im Schatten verglichen werden mufste.

57) In der neuern Zeit hat James Stark[1] eine bed
tende Reihe von Versuchen angestellt, die sich jedoch nicht
rade darauf beziehn, inwiefern die auffallenden Sonnenstr
len ungleich farbige Körper mehr oder weniger erwärm
sondern den Einflufs der Farben auf die leuchtenden und d
keln Wärmestrahlen überhaupt zu ermitteln bestimmt si
Wenn aber den Farben, als solchen, ein bedeutender Einf
auf die Wärmestrahlen beigelegt wird, so ist dabei nicht
rücksichtigt, dafs die Versuche mit gefärbten Körpern angest
wurden, deren eigenthümliche Zusammensetzung, zum T
durch die Ungleichheit der angewandten Pigmente bedingt,
die Aufnahme oder Erzeugung der Wärme eine bedeute
Wirkung ausüben mufs, wie schon John Leslie und bes
ders auch Baden Powell[2] richtig bemerkt haben und g
unverkennbar aus den zahlreichen Versuchen von A. D. Bac
hervorgeht, in denen die nämlichen Farben sehr abweiche

---

1 Philosoph. Trans. 1833. p. 285. Edinb. New Phil. Journ. XXXIII. p. 65.

2 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXXIV. p. 231.

3 Silliman Amer. Journ. T. XXX. p. 16. Vergl. unten §. 26

Digitized by Google

Resultate gaben. Aus der Summe zahlreicher Versuche und Beobachtungen geht aber zur Evidenz hervor, dafs im Allgemeinen die Sonnenstrahlen in dunkeln und rauhen Körpern mehr Wärme entwickeln, als in hellen und glatten. Endlich könnten hier die neuesten wichtigen Versuche von POUILLET erwähnt werden, es scheint mir aber geeigneter, sie von den daraus abstrahirten Folgerungen nicht zu trennen, und sie dafür bis ans Ende dieses Abschnittes zu versparen, wo von dem eigentlichen Wesen der Wärmeentwickelung durch die Sonne gehandelt wird.

58) Nehmen wir die erwähnten drei Bedingungen zusammen, so erklären sich manche Resultate leicht, die deswegen nur einer kurzen Erwähnung bedürfen. Dahin gehört das schnellere Schmelzen des Schnees, wenn er beschmuzt ist[1], oder wenn seine blendend weifse Farbe die Sonnenstrahlen stärker zurückwirft, weswegen man auch an manchen Orten den Schnee mit Erde und Asche zu bestreuen pflegt, um sein schnelleres Aufthauen zu befördern. Nach v. HUMBOLDT[2] werden ganze Felsen am Tage heifser, als weifse, verlieren aber bei Nacht ihre Wärme schneller, und selbst in kalten Gegenden zieht man Früchte, welche dort unter gewöhnlichen Bedingungen nicht gedeihen, dadurch zur Reife, dafs man sie gegen die kalte Luft durch Umgebungen schützt, die aufserdem in Folge ihrer dunklern Farbe die Sonnenwärme bedeutend erhöhn. Es ist daher ganz natürlich und keineswegs zu bewundern, wenn die durch die klare Salzsoole dringenden Sonnenstrahlen einen dunkeln Boden bedeutend erhitzen, wie PRINSEP[3] in Ostindien bemerkte. Wie grofs übrigens die wärmeerzeugende Kraft der Sonne auch in nördlichen Gegenden in Folge der dünnen Atmosphäre sey, ergiebt sich aus einer Angabe von HISINGER[4], wonach der Schnee in Sibirien auf den Dächern schmilzt, wenngleich die Temperatur der Umgebung — 25° bis — 38° C. beträgt. Dahin gehört auch die bekannte Erscheinung, dafs bei anhaltender Kälte, wenn die Temperatur der

1 Rozier sah im Jan. 1764 in Paris, dafs der überall verbreitete Schnee auf den Kohlenschiffen und da, wo Kohlen zerstreut lagen, plötzlich fehlte. Journ. de Phys. T. III. p. 183.
2 Reisen. Deutsche Ueb. Th. IV. S. 25.
3 London and Edinb. Phil. Mag. N. LXXXV. p. 26.
4 Bibl. univ. T. XLII. p. 261.

Digitized by Google

Luft nie den Schmelzpunct des Eises erreicht, dennoch Schnee um die aus ihm hervorragenden Halme, Stauden Bäume weggeschmolzen wird. Auf Veranlassung einiger obachtungen Fusimeri's[1], welcher diese Phänomene mi gewöhnlichen Theorie unvereinbar fand, weil die in den men und Gesträuchen durch die Sonnenstrahlen entwickelt dem Schnee mitgetheilte Wärme unmöglich gröfser seyn k als die der eigentlichen Wärmequelle, der Sonnenstrahlen den aufserdem hindernden Schatten nicht zu rechnen, hat Melloni[2] das ganze Problem genauer und mit Hinzufügung Resultate eigens angestellter Versuche erklärt, unter denen gende die wichtigsten sind. Er überstrich seinen Thermo tiplicator nach Wegnahme des Kienrufsüberzuges mit weifsfarbe und erhielt dann eine geringere Abweichun Magnetnadel bei einer Wärmequelle von gleicher Stärk vorher; die Abweichung nahm aber zu, als er ein Blatt kelgraues Papier vor die Oeffnung des Thermomultipli hielt. Um die ungleiche Wärmeabsorptionsfähigkeit des Sc zu prüfen, liefs er auf die beiden, die entgegengesetzten I stellen einschliefsenden Oeffnungen seines Thermomultipli von der einen Seine eine argand'sche Lampe, von der a eine bis 400° C. erhitzte Kupferscheibe wirken und nä beide Wärmequellen allmälig so, dafs ihre Wirkungen g waren, dann nahm er die thermoelektrische Säule weg setzte genau an deren Stelle eine kupferne Röhre von gle Weite als die, welche die thermoelektrische Säule umsc und welche mit lockerem Schnee gefüllt war, dessen ät Flächen, mit einem Bretchen abgestrichen, gleich grofse nen darboten. Die Wirkungen der beiden genannten Wä quellen waren dann keineswegs gleich, sondern die Ku scheibe schmelzte mehr Schnee, als die Lampe; hielt er eine kleine Scheibe geschwärztes Papier vor die Mitte der linderfläche des Schnees, so verminderte diese die Wirkung Kupferscheibe, verstärkte aber die der Lampe. Hiernach sch er, dafs der Schnee wenig Wärme absorbire, desto mehr

1 Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto. p. 38.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. LXVIII. p. 442. Bibl. univ. N. XXIX. p. 149. Compt. rend. T. VI. p. 801. Poggendorff's XLIV. 357. Edinb. New Phil. Journ. N. L. p. 242.

Digitized by Google

ellective, wodurch das Phänomen genügend erklärt wird, so- nach einer sehr allgemein herrschenden Ansicht in den unbelebten Körpern durch die Sonnenstrahlen mehr Wärme ent- wickelt und dem Schnee mitgetheilt, als in letzterem durch die unmittelbar auffallenden Sonnenstrahlen erregt wird. Melloni setzt aufserdem an, dafs der freiliegende Schnee mehr Wärme gegen den heitern Himmel ausstrahle, als der theilweise be- schattete, dafs er dadurch kälter erhalten werde und minder leicht schmelze, was jedoch nach meiner Ansicht zur Erklä- rung unnöthig ist.

39) Hierher gehören auch die interessanten Versuche des Grafen Rumford [1]. Dieser liefs sich drei gleiche cylindrische Kästchen von leichtem Holze verfertigen, 4,5 Z. im Durch- Fig. messer und 3 Z. hoch, welche 1,75 Z. über dem Boden mit 38. einer auf kurzen hölzernen Trägern ruhenden Scheidewand ab gedeckt waren. Der Boden der Kästchen war durchbohrt, und ein Thermometer wurde vermittelst eines Korkes in dem ab- geschlossenen Raume so festgehalten, dafs das birnförmige Ge- fäfs desselben sich genau in der Mitte dieses mit gleichen Silberplatter, von alten aufgewickelten Tressen genomme- nen Silberfädchen befand. Die Scheidewände der drei Käst- chen bestanden beim ersten aus Messingblech, beim zweiten aus verzinntem Eisenblech, beim dritten aus Schwarzblech. Um die Ableitung der Wärme zu verhindern, war der Boden und die Seitenwandung der Kästchen inwendig und auswendig mit aufgeleimtem Papier und dann dreimal mit Kopalfirnifs überzogen und die Aufsenseite während des Versuchs mit Pelz- werk umgeben. Alle drei Apparate wurden neben einander vor dem Fenster den Sonnenstrahlen so lange ausgesetzt, bis sie das Maximum der Temperatur angenommen hatten, wobei das Kästchen von Eisenblech am wärmsten wurde; als aber nachher alle drei gleichzeitig weggenommen und umgekehrt auf einem Tische im Schatten hingestellt waren, zeigte sich, dafs gerade dieses nach einiger Zeit kälter war, als die beiden andern. Diese Resultate sind jetzt weniger auffallend, als sie damals dem Experimentator seyn mufsten. Ueberhaupt schienen anfangs die Ergebnisse dieser Versuche, welche Rumford, hauptsächlich mit denjenigen, welche Everard Home [2] nicht lange nachher

1 Mémoires sur la chaleur. Par. 1804. p. LI.

2 Philosophical Trans. 1821. Part. I.

Digitized by Google

anstellte, mit andern bekannten Erfahrungen im Widersp
zu stehn, aber aus dem richtigen Gesichtspuncte betrachtet
nen sie vielmehr zur Bestätigung. Es ergab sich nämlich,
die schwarze Haut der Neger der erhitzenden Einwirkung
Sonnenstrahlen besser widersteht, als die weifse der Euro
was wohl zum Theil eine Folge des fettigen Glanzes ist,
Theil aber auch daher rührt, dafs die Sonnenstrahlen
durch die schwarze Substanz dringen, welche die
färbt, und die darunter befindlichen verletzbaren Theile
zerstören, sondern von dieser absorbirt und dadurch unsc
lich werden. Aus den Versuchen Homr's ergab sich aber
ner, dafs von beiden Händen, wenn die eine mit einem sch
zen, die andere mit einem weifsen Handschuh bedeckt
die erstere durch starke Sonnenhitze nicht verletzt, die let
aber versengt wurde. Hierbei ist sehr deutlich, dafs
schwarze Ueberzug durch Verschluckung der Sonnenstr
schützend wirkte.

60) Wir müssen jetzt die oben §. 52 u. 53 kurz be
ten Sätze, dafs die Wärmeerzeugung durch die Sonnenstr
mit der Höhe zunimmt und mit zunehmenden geographi
Breiten abnimmt, näher beleuchten. Der erste Satz, *daf*
Sonnenstrahlen auf hohen Bergen, wenn sie eine dü
und weniger mit trübenden Mitteln gemengte Luftschicht d
dringen, mehr *Wärme erzeugen*, folgt aus der Natur der S
und wäre nie als etwas Auffallendes betrachtet worden,
er nicht mit der so enormen Kälte auf den Spitzen hoher
in scheinbarem Widerspruche stände. Es bedarf, um die T
sache zu begründen, nicht einmal eigentlicher Versuche,
das blofse Gefühl reicht schon hin, um sich davon zu
zeugen, indem die Reisenden, welche hohe Berggipfel be
gen haben, in der Regel über die dort empfundene una
nehme Wärme der Sonnenstrahlen klagen, was jedoch ha
sächlich als eine Folge des Gegensatzes der enorm kalten
gebung zu betrachten ist. Beispielsweise möge hier ange
werden, dafs ein Reisender[1] in den Himalaya-Gebirge
einer Höhe von 14700 engl. Fufs ein Dorf antraf, w
October des Morgens das Thermometer — 8°,4 C. zeigte,
noch aber waren die Sonnenstrahlen unangenehm und alle

1 Edinburgh Journ. of Science. New Ser. N. III. p. 133.

Digitized by Google

ässer, welche während der Nacht eine Eisdecke erhalten hat-
, zeigten um 2 Uhr Nachmittags davon keine Spur mehr.
hon DE SAUSSURE[1] stellte über dieses Problem künstliche
rsuche an. Auf der Spitze des Cramont, in einer Höhe von
62 Par. F., beobachtete er zwei Thermometer, welche eine
nde lang um die Mittagszeit das eine auf geschwärztem
n in den Sonnenstrahlen das andere im Schatten gelegen
ten, und fand ersteres 25°,25 C., letzteres 6°,25 zeigend;
andern Tage wiederholte er den Versuch zu Courmayeur
r gleichen Bedingungen, und erhielt 33°,75 und 23°,75,
nach also der Unterschied oben 19° C., unten aber nur 10° C.
ng. Hieraus würde folgen, dafs die erwärmende Kraft der
nenstrahlen durch eine Luftschicht von nicht ganz 5000 F.
ke fast um die Hälfte geschwächt würde, allein dieses Re-
at ist nach den weit genauern Versuchen mit dem Aktino-
er (§. 53) zu grofs, was als eine Folge der mangelhaftern
parate und der nicht völlig genügenden Methode der Beob-
ung erscheinen mufs.

61) Die Richtigkeit der Thatsache unterliegt jedoch nach
hr genauen Versuchen des Capitain SABINE[2] keinem Zweifel.
ren ihm gebrauchten Thermometer waren selbstregistrirende, ein
kulberthermometer für das Maximum und Weineingeistthermo-
er für das Minimum; die freistehenden Kugeln beider waren mit
pierrufs geschwärzt und mit schwarzer Wolle umgeben. Zum
en der Lufttemperatur, ohne den Einflufs der Strahlung, diente
5 F. über den Boden aufgehängenes, durch ein Dach gegen die
nenstrahlen geschütztes, übrigens dem freien Zutritt der Luft
setztes Thermometer, welches noch aufserdem durch ei-
umgebenden stark polirten, mit vielen Löchern durchbohr-
metallenen Cylinder von 8 Z. Durchmesser gegen jeden
fs der Strahlung geschützt wurde. Als Stationen dienten
Glacis von Fort Charles zu Port-Royal auf Jamaica und
benachbarte Berg von 4080 engl. F. Höhe, wo die regi-
enden Thermometer auf kurzen Kräutern lagen. Der Un-
chied der mittleren Temperaturen an beiden Orten während

---

1 Voyages dans les Alpes. T. II. p. 365.

2 An account of experiments to determine the Figure of the
th etc. Lond. 1825. 4. p. 506. Vergl. Dublin Phil. Journ. N. II.
191.

Digitized by Google

der Beobachtungstage betrug 7°,22 C., auf der obern St
aber erzeugten die Sonnenstrahlen einen Ueberschufs übe
Umgebung von 32°,77 C., auf der untern nur 20°,2
Wurden dagegen diese Thermometer bei Nacht beobachte
ging das frei liegende 8 F. über dem Meeresspiegel im
5° C., das auf dem Berge aber 10° C. unter das gegen S
lung geschützte herab.

62) Die zahlreichsten Versuche über die Erzeugun
Wärme durch die Sonnenstrahlen unter den verschied
Bedingungen sind von Daniell[1] angestellt worden, w
durch Bekanntmachung derselben die Aufmerksamkeit vorz
auf dieses Problem lenkte und zu weitern Untersuchunger
selben Veranlassung gab. Das zum Messen der Strahlun
nende Thermometer war mit schwarzer Wolle umgeben,
Art der Vorrichtung, die auch bei spätern ähnlichen Ver
dieser Art zur Anwendung kam. Aus Daniell's ganzjä
Beobachtungen geht hervor, dafs der gröfste Effect der
nenstrahlen zu London 36°,11 C. betrug, statt dafs Sa
Versuche zu Sierra Leone und zu Bahia nur 10°,15
und wenn wir auch die eben angegebenen, zu Jamaica e
nen Resultate nehmen, so bleiben sie doch an Gröfse
den zu London gefundenen zurück. Daniell folgerte h
dafs die wärmeerzeugende Kraft der Sonnenstrahlen na
Polen hin zunehme, worin ihn der Umstand bestärkte,
Parry im Monat März, in welchem das Maximum zu
don nur 27°,22 C. betrug, 27°,9 erhielt. Ebenso erzählt
resby[2], dafs bei hellem Wetter in der Nähe von Spitz
die Sonnenstrahlen das Pech an den Schiffen zum Schm
bringen und daselbst eine Temperatur von 26° bis 32°
zeugen, während sie an der entgegengesetzten Seite im
ten nur — 7° C. beträgt. Noch auffallender ist, dafs na
Erzählung ebendieses unermüdeten Seemannes[3] einst im
als um 2 Uhr Morgens die Temperatur — 20° C. betrug
um 10 Uhr im Schatten, nachdem die Wolken verschw
waren, bis — 10° stieg, die Sonnenstrahlen eine so ung

---

1 Meteorological Essays and observations. Lond. 1823.
207 ff. Vergl. Encyclopaedia metropolitana. Art. Meteorologie.

2 Account of the Arctic Regions. T. I. p. 378.

3 Voyage to the northern Whale-Fishery. p. 34.

Digitized by Google

che Wärme erzeugten, dafs die Menschen an einer Seite eben- drückende Wärme, als an der andern eine empfindliche älte empfanden und das Pech an dem Schiffe schmolz, wo- ch er die hierdurch erzeugte Wärme auf 45° C. schätzt. ach den schätzbaren Beobachtungen, welche RICHARDSON[1] f FRANKLIN's Reise anstellte, beträgt das Maximum der urch die Sonnenstrahlen erzeugten Wärme 36°,11 C. und fällt den Monat März, im Mai dagegen beträgt dasselbe nur ,55; bei den zu Fort Franklin unter 65° 12′ nördl. Br., 125° westl. L. v. G. im Mai angestellten Beobachtungen beträgt selbe aber 27°,5 C. um 1 Uhr nach Mittag.

Eine werthvolle Reihe von Versuchen mit einem Ther- meter, dessen Kugel mit schwarzem Tusch überzogen war, wobei Nebenbedingungen möglichst vermieden wurden, hat GERGUES[2] schon in den Jahren 1815 und 1816 zu Vi- s unter 44° 29′ nördl. Br. angestellt. Der Unterschied es Thermometers und eines nicht geschwärzten, im Schat- hangenden betrug im Mittel bei Windstille etwa 10° C., bei die Extreme zwischen dem Minimum 8°,7 und dem Ma- mum 11°,4 schwankten. Wenn sich ein Wind erhob, so diese Gröfse bedeutend vermindert, und ging selbst bis oder 2° herab; auch schien es auffallend, dafs die Kraft Winter gröfser oder mindestens ebenso grofs war, als im mer, woraus gefolgert wird, dafs sie zu allen Zeiten gleich , was jedoch zu voreilig geschlossen scheinen dürfte, da so che anderweitige Bedingungen, namentlich die Reinheit der t, hierbei sehr in Betracht kommen.

63) DANIELL's Folgerung, dafs die erwärmende Kraft der nenstrahlen mit den Graden der Breite zunehme, ist mehrfach griffen worden und bei genauer Untersuchung unhaltbar, wie aus der Theorie nothwendig folgt, wenn man berücksichtigt, naher zum Pole die Sonnenstrahlen immer schiefer auffallen und

---

1 Narrative of a second Expedition to the shores of the Polar- By JOHN FRANKLIN. Lond. 1828. App. II.

2 Annales de Chim. et Phys. T. XXVI. p. 381. Ausführlich in rnal de Physique T. LXXXVII. p. 256 ff. Er bediente sich hier- eines eigenen Apparates, vermittelst dessen zwei geschwärzte Ther- meter abwechselnd den Sonnenstrahlen ausgesetzt und durch einen dagegen geschützt wurden. In 243 günstigen Tagen machte er gegen 9720 Beobachtungen.

Digitized by Google

einen längern Weg durch die Luft zurücklegen. Arago[1] derholt die Thatsachen, worauf Daniell seinen Schluſs und bestreitet dann denselben mit überwiegenden Gründen. zu London gebrauchte Thermometer war geschwärzt un Wolle umgeben, berührte aufserdem fast den Boden, zu S Leone aber war die Kugel blofs geschwärzt und 18 Z Boden entfernt; zu Bahia und Jamaica finden ähnliche schiedene Bedingungen statt, die eine genaue Parallele schen den Resultaten und denen zu London nicht ges Ebenso sey auch bei der Vergleichung der unter hohen lichen Breiten angestellten Versuche mit denen zu Lond Einfluſs des mit Schnee bedeckten Bodens nicht genüge rücksichtigt. Sehr treffend ist das Argument, dafs unter aussetzung einer wirklichen Vergleichbarkeit der verschi erwähnten Versuche ebenso gut eine verschiedene erwär Kraft der Sonne in America und Africa aus ihnen ge werden könne, als die von Daniell aus ihnen abge Pentland[2] erklärt sich gleichfalls gegen den von Daniell gestellten Satz, meint aber, die erwärmende Kraft der Son unter ungleichen geographischen Breiten nicht wesentlich ve den, jedoch entscheiden seine eigenen Messungen vielmehr fü selben. Er erhielt nämlich mit zwei Thermometern, deren e schwarzer, das andere mit weifser Wolle umgeben war, schen den Wendekreisen im Mittel 3°,62 C., in der Nä Cap Horn aber 3°,856. Wie viel bei solchen Versuch Nebenbedingungen ankomme, hat Fogeo[3] sehr überz nachgewiesen. Um ihren Einfluſs näher zu bestimmen, er am 7ten Juli ein Thermometer, dessen Kugel mit s zer Wolle umgeben war, bei 15° C. äufserer Temperat Sonnenstrahlen frei hängend und nicht gegen den Wir schützt aus; es stieg in 10 Min. bis 35°, auf Gras ge es bis 15°,55 und stieg gleich darauf an der Sonne wie 34°,45. Am 29sten desselben Monats stieg ein solches mometer, welches in einer Ecke gegen den Luftzug ge war, auf 65°,56, ein ähnliches auf dem Grase nur bis

---

1 Ann. de Chimie et Phys. T. XXVI. p. 375. Vergl. D Widerlegung in Journ. of the Royal Institut. T. XVIII.

2 L'Institut 1839. N. 270. p. 66.

3 Edinburgh Philos. Journ. N. XXVII. p. 63.

Digitized by Google

nd am nämlichen Tage etwas früher das erste bis 60°, das weite bis 43°,33. Die Beobachtungen mit unbekleideten, der onne ausgesetzten Thermometern verwirft Foggo als durchs ungenügend, weil die Sonnenstrahlen zu sehr davon zurückgeworfen werden. So zeigte ihm im heifsen Juli 1825 am ften um 3 Uhr das bekleidete Thermometer 65°,55 und ein bekleidetes, gleichfalls der Sonne ausgesetztes 37°,22. Am ften bei einer Lufttemperatur von 16°,66 zeigte das bekleide Thermometer von Mittag bis 2 Uhr 30 Min. nach einander 1°,66, 59°,44, 57°,22, das nackte 23°,88, 33°,33, 32°,22 d 30°,55. Wenn auch unter der äquatorischen Zone die n Daniell erwähnten Erwärmungen durch die Sonnenstrahn denen unter höhern Breiten nachständen, so gebe es dort ch Messungen, die die grofse Kraft der Sonnenstrahlen, nahlich in Erhitzung des Bodens, aufser Zweifel setzten. So b Barrow im Kaffernlande ein Thermometer in der nne bis 41°,2 steigen, und Bruce erwähne zu Gondar in yssinien 45° beobachtet zu haben, während zu Benares °, 45°, 48° C. nicht zu den Seltenheiten gehörten. Zu ra Leone mafs Winterbottom die Wärme des Bodens zu 3,8, v. Humboldt die des groben Granitsandes zu 60°,2, rend für England kein derartiges höheres Resultat bekannt , als das von Coldstream, welcher an einem heifsen Junige die Temperatur einer mit Oelanstrich versehenen Gartenlke = 48°,88 fand. Bekannt ist dagegen, was Gregory[1] hlt, dafs im heifsen Sande unter der äquatorischen Zone hwarz gefärbte Eier gesotten werden.

Nach diesen Thatsachen, die sich noch bedeutend vern liefsen, unterliegt es keinem Zweifel, dafs Daniell aus en auffallenden Erscheinungen zu voreilig und ohne allige Würdigung aller Umstände geschlossen hat. Dafs die nnenstrahlen überhaupt unter höhern Breiten mehr Wärme gen sollten, ist noch gar nicht hinlänglich erwiesen; gezt aber, die angegebenen Thatsachen führten zu dieser gerung, so ist diese dennoch nicht ohne Weiteres zulässig. hon Richardson[2] bemerkt mit Recht, dafs die grofse Wärme

---

1 Haushaltung der Natur u. s. w. Ueb. von Kühn. Nürnb. 1798. 8. Bd. Th. I. S. 74.

2 Narrative a. a. O.

Digitized by Google

der Sonnenstrahlen in den Polargegenden von der Reinhei
Luft herrühre, denn statt dafs diese in niedern Breiten,
namentlich in der äquatorischen Zone, stets mit Wasserd
überladen ist, werden die Dünste unter höhern Breiten
die Kälte bei Nacht niedergeschlagen[1]. Aufserdem ab
noch folgender Umstand wohl zu berücksichtigen. Wen
den Sonnenstrahlen einmal eine gewisse wärmeerregende
beilegen, so mufs diese, wenn sie lange genug einwirkt,
Stärke proportionale Effecte hervorbringen und also da, w
am gröfsten ist, das Thermometer absolut am höchsten s
machen. Hiernach kommt also nicht sowohl der Unters
zweier Thermometer, als vielmehr der absolute Stand de
Wolle umwickelten oder geschwärzten Thermometers in
trachtung, mit Rücksicht darauf, dafs dieses in kälterer
gebung von der aufgenommenen Wärme einen Theil w
abgiebt. Dieser Verlust läfst sich ohne eigens angestellte
suche nicht wohl würdigen, ist aber auf jeden Fall nach
bisherigen Erfahrungen nur ein kleiner Theil der stets ne
geführten Wärme und kann daher nach längerer Zeit nicht
bedeutend bleiben. Eben daher gewinnen die Versuche mi
Aktinometer sehr an Zuverlässigkeit, weil sie auf ein
stimmte Zeitdauer beschränkt sind. Betrachten wir
nach einige der mitgetheilten Resultate, so zeigte Sabine'
schwärztes Thermometer zu Sierra Leone, Bahia und Ja
zwar keine so hohe Wärme, als das von Daniell zu L
beobachtete, welches Resultat durch andere Umstände b
seyn mag, allein Daniell erhielt dagegen als Maximu
London 61°,66, auf Melville-Island aber wurden im Mär
— 1°,1 C. beobachtet, was den gröfsern Effect unter ni
Breiten wohl aufser Zweifel setzt, wie grofs man auch
Verlust anschlagen mag[2]. Inzwischen ist dieser lange Zei
mentlich zwischen englischen Gelehrten geführte Streit neue
durch die Erfahrung entschieden worden, denn Herschel[3]
mittelst des Aktinometers, dafs die thermometrische W

---

1 Nach den neuesten Untersuchungen müssen wir schliefsen
die Diathermanie der reinen Luft ungleich gröfser ist, als die d
Wasserdampf gemengten.

2 Vergl. James Dalmahoy in Lond. and Edinb. Phil. M
XXXIX. p. 182.

3 Compt. rend. 1836. T. II. p. 506. Poggendorff's Ann. I

der Sonnenstrahlen auf dem Cap der guten Hoffnung 48°,75, in Europa aber nur 29°,5 C. beträgt. Im Ganzen genommen dürfen aber nur die mit dem nämlichen Apparate und unter mindestens ähnlichen Bedingungen angestellten Versuche vergleichbare Resultate geben, denn der oben §. 50 erwähnten hohen Wärme, welche DE SAUSSURE durch sein Heliothermometer erzeugte, nicht zu gedenken, überzeugte sich POUILLET[1] durch wiederholte Versuche mit seinem Aktinometer (§. 95), dafs ein Thermometer, den Sonnenstrahlen ausgesetzt, eine Erhöhung seiner Temperatur von 3° und 4° bis 63° oder 64° über die der umgebenden Luft annehmen können, je nach den Bedingungen, die dabei statt finden. Hieraus erklärt sich leicht die grofse Verschiedenheit der erhaltenen Resultate. Nach HERSCHEL soll die Gesammtwirkung der Sonnenstrahlen eine Eisdecke von 1,54 engl. Fufs (§. 49), nach POUILLET[2] eine solche von 14 Meter und in Folge seiner letzten Versuche[3] eine von 31 Meter (§. 91) Dicke zu schmelzen vermögen.

64) DANIELL hat seine Versuche auch auf Nebenfragen ausgedehnt, deren Beantwortung zwar meistens von selbst folgt, aber aus der Erfahrung entnommen wird. Es war in den beiden Monaten nach Messungen mit dem geschwärzten Thermometer in hunderttheiligen Graden im Mittel

	Wärme der Sonne kleinste	gröfste		Wärme der Sonne kleinste	gröfste
Januar	2°,75	6°,66	Juli	19°,88	30°,55
Februar	5,65	20,00	August	18,38	32,77
März	8,88	27,22	September	18,15	30,00
April	15,65	26,11	October	15,25	23,88
Mai	16,87	31,66	November	3,71	13,33
Juni	22,16	36,11	December	3,00	6,66

Hieraus geht hervor, dafs die erwärmende Kraft der Sonne mit ihrer zunehmenden Höhe schneller wächst, als mit der abnehmenden abnimmt. In welchem Verhältnifs das Erwärmungsvermögen der Sonne mit ihrer Erhebung über den Horizont stehe, darüber giebt folgendes mittlere Resultat aus 5 Beobach-

1 Mémoire sur la Chaleur solaire. Par. 1838. p. 48.
2 Elémens de Phys. 1me éd. 1830. T. II. p. 704.
3 Mémoire sur la Chaleur solaire. p. 41.

Digitized by Google

tungsreihen Auskunft, welche die den verschiedenen Tagss
den zugehörigen Unterschiede des geschwärzten Thermom
in der Sonne und des im Schatten befindlichen angeben:

9 Uhr	30 Min.	17°,77 C.		2 Uhr	30 Min.	35°,00
10 –	30 –	25,55 –		3 –	30 –	32,22
11 –	30 –	30,55 –		4 –	30 –	27,22
12 –	30 –	35,00 –		5 –	30 –	19,44
1 –	30 –	36,11 –		7 –	30 –	16,11

Zum Beweise, dafs auch unter hohen nördlichen Breiten
erwärmende Kraft der Sonnenstrahlen mit zunehmender S
nenhöhe wachse, führt Harvey[1] die Messungen an, we
Capitain Back und Lieutenant Kendal auf der zweiten E
Franklin's anstellten und wonach sie in den Jahren 1826
1827 als mittlere Kraft der Sonnenstrahlen erhielten:

im November . . .	5°,93 C.	im Februar . . .	19°,00
– December . . .	3,85 –	– März	25,10
– Januar	8,48 –	– April	29,45

Aufserdem erhielt Richardson im Jahre 1827 mit z
Thermometern, deren eins auf gleiche Weise geschwärzt
Sonnenstrahlen ausgesetzt wurde, im Mittel im Mai 19°,44
im Juli 15°,55 und im August 14°,51. Inzwischen mufs
auffallen, dafs unter sehr hohen nördlichen Breiten die Wä
zwar mit zunehmender Sonnenhöhe wächst, dafs aber
gröfste Unterschied beider Thermometer, wonach man die S
ke der Irradiation zu messen pflegt, in den Monat März fa
Zum Beweise dieses merkwürdigen Satzes dienen folgende
fahrungen[3]. Nach den Beobachtungen zu Fort Franklin u
65° 12′ nördl. Br., 125° 12′ westl. L. v. G. betrug der grö
Ueberschufs des geschwärzten Thermometers über das freie
den Jahren 1826 und 1827

---

1 Encyclopaedia metropolitana. Art. Meteorologie. p. 57.

2 Die Messungen von Back und Kendal sind die einzigen
vorgekommenen, woraus dieses Resultat nicht hervorgeht und wel
daher vor der Hand als Ausnahmen gelten müssen.

3 Narrative of a second Expedition to the shores of the Pol
Sea cet. By John Franklin. Lond. 1828. 4. App. III.

Digitized by Google

im October	13°,04 C.	im März	36°,11 C.
- November . . .	17,22 -	- April	28,33 -
- December	15,55 -	- Mai	27,80 -
- Januar	21,93 -	- Juli	21,38 -
- Februar	26,11 -	- August	18,00 -

Auch zu Carlton-House unter 52° 51′ nördl. Br., 106° 13′ westl. L. v. G. betrug diese Gröfse 1827 im Februar 31°,66; im März 33°,33; im April 22°,77. Richardson leitet diese gröfsere Wirkung bei zunehmender Sonnenhöhe als bei abnehmender von der gröfsern Reinheit der noch nicht mit Dünsten verunreinigten Luft ab, es dürfte aber dabei auch der Umstand in Betracht kommen, dafs der im Winter tief erkältete Erdboden bei beginnender Wiedererwärmung durch die Sonnenstrahlen der Umgebung eine bedeutende Menge Wärme entzieht, und dadurch einen gröfsern Unterschied zwischen dem im Schatten hängenden und dem von der Sonne beschienenen Thermometer bedingt, als zu der Zeit, wenn der Boden bereits eine gröfsere Menge Wärme aufgenommen hat. Beide Ursachen mögen auch gemeinschaftlich bewirken, dafs unter höhern Breiten gleichfalls die wärmeerregende Kraft der Sonnenstrahlen Vormittags gröfser ist, als Nachmittags, also bei zunehmender Erhebung der Sonne stärker als bei abnehmender. Dazwischen geht dieses Resultat aus den mittleren Resultaten aller im Monat Mai vom 4ten bis 31sten zu Fort Franklin angestellten Messungen nicht sehr evident hervor. Diese geben vielmehr für

5 Uhr . . 3°,50 C.	11 Uhr . . 16°,70 C.	3 Uhr . . 13°,15 C.
8 — . . 11,32 —	12 — . . 17,10 —	4 — . . 11,71 —
9 — . . 13,23 —	1 — . . 16,71 —	5 — . . 9,89 —
10 — . . 14,77 —	2 — . . 14,60 —	6 — . . 8,35 —

worin allerdings 10 Uhr und 9 Uhr ein merkliches Uebergewicht über 2 Uhr und 3 Uhr haben, 8 Uhr aber gegen 4 Uhr zurückbleibt. Wenn nicht anderweitige Bedingungen hinzukommen, so ist wohl ohne Zweifel die erwärmende Kraft der Sonnenstrahlen der Höhe der Sonne und ihrer Erhebung über den Horizont in irgend einem noch nicht genau bestimmten Verhältnisse proportional.

Digitized by Google

65) Bei der Untersuchung der Wärmeerzeugung durch Sonnen- und Lichtstrahlen kommt vorzüglich der Unters der *farbigen Lichtstrahlen* in Betrachtung. Einer der e welche Versuche hierüber anstellten und die Resultate bek machten, war LANDRIANI[1]; dieser fand das Maximum der wärmenden Kraft in den gelben Strahlen des Spectrums. N lange nach ihm gelangte ROCHON[2] durch seine im Sommer angestellten Versuche zu einem ähnlichen Resultate, dafs n lich die stärkste Erwärmung zwischen Gelb und Roth an Stelle liege, die er bald *orangé*, bald *rouge orangé* n Uebereinstimmend hiermit fand SENNEBIER[3] aus zahlrei und oft wiederholten Versuchen, dafs das rothe Licht mehr Wärme erzeuge, als das violette, bisweilen aber das mehr als das rothe. Im Mittel aus allen Versuchen und einem zur Bestätigung hervorgehobenen Beispiele sind die ben Strahlen für die am meisten erwärmenden zu halten. ältere HERSCHEL[4] war aber wohl der erste, welcher wichtige Entdeckung zum Gegenstande sehr weitläuftiger tersuchungen machte. Beim Aussuchen verschieden gefar zur Beobachtung der Sonne verwandter Gläser fiel ihm auf, einige derselben weniger Licht, andere mehr Wärme du liefsen, und er entschlofs sich daher zur Ausmittelung der h auf bezüglichen Thatsachen durch eine Reihe von Versuc Indem er die farbigen Strahlen des Spectrums durch ei Schlitz in einer eigens hierzu verfertigten Vorrichtung fa liefs, fand er, dafs ein feines Thermometer in den ro Strahlen binnen 10 Minuten im Mittel um 3°,8, in den grü um 1°,8 und in den violetten um 1°,1 C. stieg, wonach also die erwärmende Kraft derselben nahe wie 3,5 : 1,5 : 1 hielt. Bei einer folgenden Reihe von Versuchen fand er,

---

1 S. VOLTA Lettere sull' aria inflammabile nativa delle Paludi. lano 1777. p. 136. Entlehnt aus Scelta d'Opuscoli interessanti. XIII.

2 Recueil de Mémoires sur la Mécanique et Physique. Par. 1 p. 136.

3 Physicalisch-chemische Abhandlungen über den Einfluss Sonnenlichts auf alle drei Reiche der Natur. Leipz. 1785. Th S. 37.

4 Philosoph. Trans. 1800. P. II. p. 255 ff. G. VII. 138. N Corr. Th. III. S. 72 u. 553.

: Wärmeerregung durch die Sonnenstrahlen sich über die ro-
n Strahlen des Spectrums hinaus erstreckte, indem ein Ther-
meter, welches 0,5 Z. von der Grenze der äufsersten rothen
ahlen abstand, in 10 Min. um 3°,6; bei 1 Z. Abstand um
88 und bei 1,5 Z. Abstand um 1°,75 C. in gleicher Zeit
g, statt dafs über das Violett des Spectrums hinaus gar kein
ufs sichtbar wurde. Herschel folgerte hieraus, dafs das
nenlicht von Wärmestrahlen begleitet sey, welche eine ge-
gere Brechbarkeit besäfsen, als das Licht. Bei der ungle-
n erwärmenden Kraft der farbigen Lichtstrahlen und der
nell abnehmenden Intensität derselben kommt es sehr dar-
an, wo man den Anfang der Messung macht, und hieraus
erklärlich, dafs Rochon[1] die erwärmende Kraft im Spectrum
n violetten Ende zum rothen hin im Verhältnifs von 1:8
d. Herschel[2] folgerte aus seinen Versuchen, dafs der
ch eine Brennlinse erzeugte Brennpunct der Wärmestrahlen
ht mit dem der Lichtstrahlen zusammenfalle, indem der er-
vielmehr um 0,25 Z. weiter als der zweite von einer gro-
n Brennlinse abstand, deren Oeffnung durch eine Blendung
auf 3 Z. gebracht war. Herschel suchte aufserdem den
rmeverlust auszumitteln, welchen transparente gefärbte und
gefärbte Körper erzeugen, und ich setze einige der erhaltenen
ultate her, obgleich es ihnen an der für die Wissenschaft
derlichen Schärfe gebricht.

Substanzen	Wärmeverlust
Weifses Flintglas	0,091
Isländischer Krystall	0,244
Talk (Glimmer?)	0,139
dunkelrothes Glas	0,800
orangefarbenes Glas	0,604
gelbes Glas	0,333
dunkelgrünes	0,849
blafsblaues	0,812
dunkelblaues	0,362
indigoblaues	0,633
purpurfarbiges	0,583

1 Philos. Magaz. T. XIV. p. 408.
2 Philos. Trans. a. a. O. und 1803. p. 464. G. XII. 521.

Digitized by Google

Substanzen	Wärmeverlust
violettes Glas	0,489
Quellwasser in Glas	0,558
Seewasser	0,682
Weingeist	0,612
das leere Glas	0,542
weifses Papier	0,850
weifse Leinwand	0,916
schwarzer Mousselin	0,714.

66) Die angegebenen Versuche und die daraus abgel
ten Resultate wurden streng kritisirt durch John Les
welcher sich schon früher seines *Photometers* zu ähnli
Versuchen bedient hatte, indem er die Kugeln desselben
verschiedenen Farben überzog. Hierbei reflectirte Roth
ebenso viel Licht, als Weifs, Blau aber und demnächst Grü
wenigsten. Bei Wiederholung der Herschel'schen Vers
konnte er inzwischen auch mit den empfindlichsten Appar
keine Wärmestrahlen aufserhalb der Grenze des rothen Lic
wahrnehmen, und er glaubte daher, dafs durch die Erwärm
der Fläche, auf welcher Herschel's Thermometer lagen,
die seitwärts reflectirte Wärme die Täuschung hervorgebracht w
den sey. Nicht minder findet er die Versuche mit den gefär
Substanzen durchaus ungenügend, weil sie keine genaue
stimmung der Farbennüance, der Dicke der Masse, der Me
des durchgelassenen Lichtes und der Intensität der jedesmal
gewandten Sonnenstrahlen enthielten. Meikle[2] suchte zu
weisen, dafs bei den Versuchen das Prisma selbst erwä
worden sey und den Thermometern diese seine Wärme m
getheilt habe, und auch Prevost[3] unterwarf die durch H
schel gefundenen Resultate einer kritischen Prüfung, in
er sie auf das Newton'sche Gesetz, wonach die Zunahmen
Abnahmen der Wärme in den Körpern eine geometrische P
gression bilden, zurückzuführen suchte. Da es aber fraglich
ob dieses Gesetz hierbei streng in Anwendung kommen ka
in den Bestimmungen Prevost's aber einige Willkür zu he
schen scheint, so dürfte es nicht zweckgemäfs seyn, di

1 Nicholson's Journ. T. IV. p. 344 u. 416. G. X. 88 u. 359.
2 Philosoph. Magazine. T. LXV. p. 11.
3 Philosoph Trans. 1802. p. 403.

d by Google

Streitfrage hier ausführlich zu erörtern. Die gegen die Verschluckung der Wärme durch gefärbte Gläser und transparente Körper nach Herschel's Versuchen gemachten Einwendungen verstehn sich gröfstentheils von selbst; beachtenswerth dürfte aber der nicht zur genauen Erörterung gekommene Umstand seyn, dafs nach der Voraussetzung von dunkeln, die Lichtstrahlen begleitenden Wärmestrahlen, wenn sie das Glas nicht gehindert durchdringen, diese sich im Prisma anhäufen oder beim Auffallen auf das Glas zurückgestofsen worden seyn müfsten, wenn man nicht annehmen will, dafs sie durch das begleitende Licht die Fähigheit, Glas zu durchdringen, erhalten hätten. Ritter[1] ging so weit, dafs er aufser dem Lichtspectrum noch ein Wärmespectrum von geringerer und ein chemisches von gröfserer Brechbarkeit annahm, wonach also aufser der Wärme noch ein chemisches Princip neben den Lichtstrahlen von der Sonne ausströmen müfste, was wohl keiner Widerlegung bedarf. Herschel wurde dagegen vertheidigt durch Englefield[2], welcher seine Versuche mit einigen Abänderungen wiederholte. Zu diesem Ende brachte er in einem Fenster ohne Verdunkelung des Zimmers ein gleichseitiges Glasprisma an, liefs die einzelnen Farbenstreifen des Spectrums mit einem Schirme auf, in welchem sich ein schmaler Einschnitt befand, welcher nur die eine Farbe durchliefs, concentrirte diese durch eine Glaslinse, und liefs den Focus der letztern auf eine Scheibe von Kartenpapier fallen, in welchen er dann die meistens geschwärzte Kugel eines empfindlichen Thermometers hielt. Die ganze Vorrichtung war auf eine solche Weise hergestellt, dafs jeder sonstige Einflufs, ausgenommen der des absichtlich gebildeten Focus, vermieden wurde. Beim ersten Versuche stieg das Thermometer mit geschwärzter Kugel

im blauen Lichte binnen	3	Min.	um	0°,55	C.
— grünen —	3	—	—	2,22	—
— gelben —	3	—	—	3,33	—
— rothen —	2,5	—	—	8,88	—
Grenze d. rothen —	2,5	—	—	8,60	—
aufserhalb d. rothen —	2,5	—	—	10,00	—

[1] G. XII. 409. Gehlen's Journ. Th. VI. S. 667.

[2] Journal of the Royal Institution. T. I. 1802. p. 202. G. XII. 422. Bibl. Brit. T. XXII. p. 113.

Digitized by Google

und kehrte nach den Versuchen auf seinen ursprünglichen
wieder zurück. Bei einer zweiten Versuchsreihe stie
Thermometer mit geschwärzter Kugel

im rothen Lichte . . . . . um 1°,66 C
aufserhalb des rothen Lichtes . . . – 2,77 –

das Thermometer mit weifs gefärbter Kugel

im rothen Lichte um . . . . 1°,66 C.
im vollen Dunkel um . . . . 0,27 –

Bei einem dritten Versuche stieg das geschwärzte Therm
bei vollem Sonnenscheine an der Grenze des Roth in 3 M
ten um 6°,66 C., das weifs gefärbte um 1°,66. Bei
vierten Versuche, als gleichfalls die Sonne sehr hell s
stiegen während 3 Min. das geschwärzte Thermometer im
Roth um 8°,88, das weifs gefärbte um 1°,93; im vollen
kel 1,5 Zoll vom Roth das geschwärzte um 5°,55, fiel
sogleich, wenn es in das rothe Licht gebracht wurde, und
wieder, wenn es über die Grenze desselben hinauskam.
wenn die rothen Strahlen neben den Einschnitt im Sc
fielen und sich nur ein schwacher rother Schimmer im
der Linse bildete, stieg dennoch das geschwärzte Therm
aufserhalb des Focus um 5°,75 C.

67) Schon vor Herschel's Versuchen bemühete sich Bo
mann [1], den Einfluſs der Farben auf die Erzeugung der W
durch die Sonnenstrahlen auszumitteln, überzog zu di
Ende die Kugeln empfindlicher Thermometer mit verschie
farbigem Taffent und setzte sie so bekleidet dem Sonnenl
aus. Hierbei zeigte das unbekleidete Thermometer 29°,3

dagegen das mit himmelblauem Taffent . 31°,70
— — — schwefelgelbem . . . 30,31
— — — hellgrünem 32,50
— — — apfelgrünem 32,80
— — — rosenrothem 31,25
— — — weifsem 30,31
— — — schwarzem 34,05

Bei einer spätern Reihe mit grofser Sorgfalt und sehr geei
ten Apparaten angestellter, vielfach modificirter Versuche
es ihm unmöglich, aufserhalb des Spectrums die geringste

1 G. X. 359. Vergl. dessen Versuche über d. Erwärmung
schiedener Körper durch d. Sonnenstrahlen. Karls. 1811. 8. Vor

rmung wahrzunehmen[1]. Aus vielen mit Umsicht angestell-
n und gewifs nicht verwerflichen Versuchen, wobei nicht blofs
ssive Prismen von verschiedenem Glase, sondern auch solche
ewandt wurden, die mit Flüssigkeiten gefüllt waren, hat
Wünsch[2] nachfolgende Sätze entnommen. Weder über, noch
ter dem Farbenspectrum und seinen Schweifen konnte irgend
e Erwärmung wahrgenommen werden. Hier wird von den
hweifen des Spectrums geredet und richtig bemerkt, dafs
Spectra keineswegs scharf begrenzt sind, sondern über die
dlich sichtbaren Grenzen minder sichtbar hinausgehen, was
h aus der Beugung der Lichtstrahlen nothwendig folgt. Die
ke der Erwärmung im Spectrum richtete sich nicht nach
Intensität der Erleuchtung, denn namentlich war das blaue
t sehr hell, erwärmte aber nächst dem violetten Lichte am
ngsten. Sehr wichtig aber ist ein von Wünsch zuerst be-
chter Unterschied, welcher auf der Substanz des Prisma's
ht. So gaben Prismen mit Alkohol, Terpentinspiritus und
sser gefüllt die stärkste Erwärmung im gelben Lichte, das
nliche Glasprisma im vollen Roth, das gelbliche im farben-
n Schweife an der Grenze das Roth; der Schweif des letz-
leuchtete aber auch stärker, als der des grünen, und dieser
r, als bei den Prismen mit Flüssigkeiten. Ein ganz far-
ses Prisma gab noch weit hellere farbenlose Schweife, als
gelbliche, und in dem Schweife von jenem war die Erwär-
g weit stärker, als in dem von diesem. Alle Prismen end-
wenn sie vermittelst der Sammlungslinse ein weifses, an
einen Seite mit einem rothen und gelben, an der andern
einem blauen und violetten Saume eingefafstes Bild ga-
erregten ganz nahe am rothen Saume, jedoch aufserhalb des-
en, allezeit die schwächste Erwärmung; stärker war diese
rothen Saume selbst, noch stärker im gelben und am stärk-
im weifsen Focus.

Dafs Ritter[3] die eben erwähnten Versuche und die dar-
entnommenen Resultate sehr heftig bestritt, möge hier nur
flüchtig erwähnt werden, da die Thatsachen zu genau und
ührlich angegeben sind, als dafs man sie mit Zweifelsgrün-

1 G. XXXIX. 289.
2 Gehlen's Journ. für d. Chemie, Physik und Mineralogie. Th. VI. 597. Magazin der ges. naturf. Freunde. Th. I. p. 185.
3 Gehlen's Journal a. a. O. S. 633.

den vernichten könnte. Zudem wissen wir gegenwärtig
Wünsch allerdings auf dem richtigen Wege war, obgle
ihm nicht gelang, die Aufgabe vollständig zu lösen. An
angegebenen Versuchen, woraus die ungleiche Wirkung
schiedenartiger Prismen dargethan ist, läfst sich auch er
dafs Leslie die gröfste erwärmende Kraft in der Mit
Spectrums fand, was aber durch Berzelius[1] bestritten
Auch dieser streitige Punct wird durch die nachfolgende
örterungen Aufklärung finden.

68) Einen wichtigen Beitrag zur Beantwortung der
fach ventilirten Frage hat Berard[2] geliefert, dessen Ve
um so viel bedeutender sind, weil er sich bei denselben ein
liostats bediente, durch welchen die Sonnenstrahlen eine
big lange Zeit unverrückt auf die Thermometerkugeln
Uebereinstimmend mit Herschel fand er die erwärmende
der Sonnenstrahlen vom Violett an zunehmend, das Ma
aber im Rande des sichtbaren Spectrums da, wo die Th
meterkugel noch ganz mit sichtbaren rothen Strahlen b
war; von hier an nahm die Temperatur stets ab, je weit
Kugel in die Dunkelheit kam, und als sie sich aufserhalb des
baren Spectrums befand, wohin Herschel das Maximum
stieg das Thermometer um den fünften Theil so hoch
die Umgebung, als in dem äufsersten Roth. Wollte man
aus einen unumstöfslichen Beweis für die Anwesenhei
Wärmestrahlen aufserhalb des Spectrums hernehmen, so s
mir dieses zu voreilig, denn es ist nicht wohl bestimmba
das allmälig abnehmende Spectrum ganz aufhört, aus
leicht begreiflichen Grunde, weil das Auge unter dem u
meidlichen Einflusse des helleren Lichtes das minder helle
wahrnimmt und daher über die Grenze der gänzlichen A
senheit des Lichtes kein zuverlässiges Zeugnifs ablegen
Schon hierdurch könnte man die Hauptfrage, nämlich
unsichtbare, im Spectrum vorhandene Wärmestrahlen, für
digt halten, allein wir besitzen über dieses Problem aufser
was neuerdings durch Melloni zur definitiven Erledigu
Frage geschehn ist, noch eine vorzügliche Arbeit, welche
näher gewürdigt werden mufs.

---

1 Jahresbericht. 1828. Th. VI. S. 12.
2 G. XLVI. 381.

69) Seebeck[1] unternahm in den Jahren 1806 bis 1808 e lange Reihe von Versuchen, um die so oft ventilirte Auf- e zur endlichen Entscheidung zu bringen. Die bis dahin altenen widersprechenden Resultate führten zu der Vermu- ng, dafs manche Nebenbedingungen nicht gehörig gewür- t seyn möchten, was auch schon aus den durch Wünsch altenen Erfahrungen mit gröfster Wahrscheinlichkeit her- ging. Seebeck hatte besonders mit den Hindernissen zu pfen, die aus dem so leicht veränderten Zustande der At- sphäre hervorgehn, und konnte diese nicht anders, als durch häufige Wiederholung der Versuche beseitigen. Mei- fiel das Licht durch ein Prisma in ein verfinstertes Zim- der erforderliche Theil des Farbenbildes durch einen Ein- itt in einem Schirme, und zum Messen diente ein empfind- es Lufthermometer mit geschwärzter Kugel, welches nach Versuche ausgeleert und für einen folgenden aufs Neue llt wurde. Um bessere Uebereinstimmung mit den Resul- früherer Versuche zu erhalten, nimmt er, wie gewöhnlich, kenntlich unterscheidbare Farben im Spectrum an und die Grenze des Roth dahin, wo dieses dem Auge noch ch erkennbar ist und sich in einen schmäleren schwächer ten rothen Saum verliert. Aus einer sehr grofsen Menge lobenswerther Umsicht angestellter und unter sich sehr übereinstimmender Versuche gehn folgende Hauptresul- hervor.

1) In allen Farben des Spectrums findet Wärmeerregung und diese ist jederzeit am schwächsten an der Grenze Violett.

2) Von hier an nimmt sie zu, wenn man durch Blau und zum Gelb fortschreitet, und

3) erreicht bei einigen Prismen ihr Maximum im Gelb, entlich beim *Wasserprisma.*

4) Einige andere Flüssigkeiten, namentlich eine ganz kurze Auflösung von Salmiak und Quecksilbersublimat, desglei- farblose concentrirte Schwefelsäure, geben das Maximum der Mitte zwischen Gelb und Roth, also im Orange.

5) Prismen von gewöhnlichem weifsem Glase haben die ste Wärme im vollen Roth.

1 Berliner Denkschriften. 1818 u. 1819. S. 305. Edinburgh ns. of Sc. N. II. p. 358. Schweigger's Journ. Th. XL. S. 129.

Digitized by Google

6) Manche Prismen von gewöhnlichem, jedoch schon haltig scheinendem, Glase geben das Maximum der Wär der Grenze des Roth, 1

7) Prismen von Flintglas dagegen jenseit des Roth, die Kugel des Thermoskops sich aufserhalb des wohlbegr Farbenbildes befindet.

8) Die Wärme nimmt jenseit des Roth stetig ab, al allen Prismen findet noch einige Zoll über die Grenze de hinaus Wärmeerregung statt.

Ohne Zweifel haben Herschel, Leslie und Engl mit Flintglasprismen experimentirt, und aufserdem habe chon, Wünsch und Englefield Glaslinsen angewand das Licht mehr zu concentriren, die aber einen bedin Einflufs haben mufsten, um so mehr, da sie nicht achro waren.

Um die Aufgabe noch weiter zu verfolgen, stellte Se Versuche mit einem Prisma von hellem weifsem Glase an sen zwei Flächen mattgeschliffen waren, wovon di Seite aber durchscheinend genug war, um mit der polirt hinlänglich helles Spectrum zu erzeugen. Bei diesem M Maximum der Wärme ebenso entschieden aufserhalb des Roth, als es bei allen andern innerhalb desselben lag. die matte Fläche des Prisma mit Weingeist überstrich kam ein lebhafteres Farbenbild zum Vorschein, dessen bei 6 Fufs Abstand um etwa 2 Par. Zoll tiefer herabgi bei dem mit matter Fläche, wodurch also die Grenze des welche hierbei die gröfste Wärme gab, an die Stelle des Roth bei polirten Prismen, also dahin gerückt wurde, w tere das Maximum gaben, so weit sich dieses ohne eige genauere Messung bestimmen liefs. Als Hauptresultat ent Seebeck aus allen Versuchen, dafs das Farbenbild nicht begrenzt ist, sondern dafs sich das Licht desselben noch hin erstreckt, mindestens bis dahin, wo die gröfste Wä regung statt findet, wenn es daselbst auch vom Auge stark empfunden wird. Unsichtbare, auf das Auge gar wirkende, aber doch erwärmende Strahlen sind hiernach wenig denkbar, als solche, welche chemische Verände erzeugen. Die Scheine oder Schweife, wie Wünsch sie sind zweierlei Art; einige rühren von Streifen und Wel den Prismen oder von unregelmäfsiger Zerstreuung des

Digitized by Google

ihren Kanten her, und solche Prismen müssen verworfen
am Rande mit einer Blendung versehen werden. Aber
bei guten Prismen fehlen diese Scheine nicht und sie sind
dem Roth blafsröthlich, wie über dem Violett blafsviolett.
hätte also HERSCHEL übersehn, und indem er die daselbst
andenen Wärmestrahlen durch Linsen zu concentriren
te, müfste er vielmehr die Lichtstrahlen condensirt haben.
n er hierbei kein Licht wahrnahm, so kann die Ursache
liegen, dafs es für sein anderweitig gereiztes Auge zu
ch war und obendrein von der geschwärzten Kugel zu
reflectirt wurde. Versuche mit gefärbten Gläsern oder
en sind allezeit mifslich, weil zu viele Nebenbedingungen
ins Spiel kommen. Man sieht hieraus, dafs SEEBECK sich
te, blofs wärmende Strahlen in und neben dem Spectrum
hmen, was auch nicht wohl anders, als in Folge un-
leutiger Thatsachen geschehn kann.

70) Nur beiläufig angestellte Versuche über dieses Pro-
führten auch RUHLAND[1] zu dem bereits bekannten Re-
, dafs der Ort, wo durch das Farbenbild die gröfste
e erregt wird, veränderlich sey; bei einigen Glaspris-
und bei einem Prisma aus Borax habe er dasselbe über
oth hinausfallend, bei andern im Roth und bei noch an-
mit Flüssigkeiten gefüllten, im Gelb gefunden. Inwie-
aber diese Thatsachen mit den von WÜNSCH und SEE-
aufgefundenen mehr oder weniger übereinstimmen, kann
genau ermittelt werden, da seine Versuche hierzu nicht
ndig genug beschrieben worden sind. Von untergeordnetem
the sind auch die Versuche von BADEN POWELL[2], wel-
das Sonnenlicht gleichzeitig auf zwei Thermometerku-
fallen liefs, deren eine weifs, die andere schwarz ange-
en war, und dabei die erregte Wärme gröfser in der
arzen, als in der weifsen fand, aber keinen mefsbaren Un-
hied wahrnahm, wenn diese Sonnenstrahlen zuvor durch
dickeres oder dünneres klares Glas fielen.

71) Uebereinstimmend mit den von WÜNSCH, SEEBECK und

---

1 Ueber die polarische Wirkung des gefärbten heterogenen Lich-
Berl. 1817. S. 50.

2 Annals of Philosophy. 1824. T. VII. p. 324. 401. T. VIII.
31. 257.

Digitized by Google

Ruhland gefundenen Resultaten, aber ungleich tiefer und
nauer in die Sache eingehend, sind diejenigen, welche Mel
erhalten hat, deren vollständigere Erörterung bei der Unt
chung des Durchleitungsvermögens der verschiedenen K
für Wärme (§. 310) eine geeignetere Stelle finden wird.
zwischen geht aus ihnen im Allgemeinen hervor, dafs die
me in den farbigen Strahlen des Spectrums an irgend
Stelle ein Maximum hat und von hier aus nach beiden S
abnimmt; der Ort dieses Maximums wird bedingt durch
Substanz, woraus das Prisma verfertigt ist, sofern diese
blofs stärker oder schwächer lichtbrechend wirkt, sonder
gleich auch die mit den Lichtstrahlen verbundenen Wä
strahlen mehr oder weniger beim Durchgehn zurückhält,
sich hauptsächlich daraus ergiebt, dafs die farbigen Licht
len, wenn man sie durch transparente Medien mit para
Flächen fallen läfst, durch letztere einen ungleichen Wä
verlust erleiden. So weit seine Versuche hierher gehören
merken wir nur, dafs es in jedem Spectrum vom Max
ausgehend nach beiden Seiten hin *isotherme Zonen* geben
deren Lage durch Verrückung des Maximums gleichfalls
Aenderung erleidet und daher bei Prismen aus verschie
transparenten Substanzen verschieden ist. Werden als
beiden Seiten der Farbe, worein das Maximum fällt und w
in der Regel die rothe ist, sechs isotherme Zonen angenom
so giebt im Kronglasspectrum[1]

Violett die schwächste Temperatur,
Indigo, Blau, Grün } die Temperatur steigend,
Gelb, Orange } Temperatur gleichfalls steigend,
Roth . . Wärmemaximum.

Erste	dunkle Zone . . .	Isotherme	des	Orange
Zweite	— — . . .	—	—	Gelb
Dritte	— — . . .	—	—	Grün
Vierte	— — . . .	—	—	Blau
Fünfte	— — . . .	—	—	Indigo
Sechste	— — . . .	—	—	Violett.

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XLVIII. p. 385. Poggend. Ann. XXIV. 648.

Mit seinem Vorschlag, eine Kommission zu bilden, die sich mit der Frage der Verwendung der Atombombe befassen sollte, hatte Szilard Erfolg. Präsident Truman ernannte einen Ausschuß, der sich mit dieser Frage befaßte. Szilard wurde nicht in diesen Ausschuß berufen, aber er durfte ihm seine Ansichten vortragen. Er hatte sie in einem Memorandum niedergelegt, das er Ende Juli 1945 fertigstellte. Es trug den Titel: „Eine Kriegsmaßnahme". Szilard schlug darin vor, daß die Vereinigten Staaten, bevor sie die Bombe im Krieg einsetzten, sie in einer Demonstration vor Vertretern der Vereinten Nationen zur Explosion bringen sollten. Er hoffte, daß diese Demonstration Japan zur Kapitulation veranlassen würde, bevor die Bombe gegen eine japanische Stadt eingesetzt würde. Szilard war der Ansicht, daß die Vereinigten Staaten, wenn sie die Bombe im Krieg einsetzten, ohne vorher eine Demonstration durchgeführt zu haben, sich moralisch diskreditieren würden. Er befürchtete, daß dies zu einem weltweiten Wettlauf um die Atombombe führen würde, der die Welt in eine Katastrophe stürzen könnte. Szilard hatte Einstein gebeten, sein Memorandum dem Präsidenten zu überbringen. Einstein tat dies, aber Roosevelt war bereits tot, und Truman hatte keine Zeit, sich mit dem Memorandum zu befassen. Es wurde dem Ausschuß vorgelegt, der sich mit der Frage befaßte, wie Truman sie beantworten sollte. Dieser Ausschuß, dem u. a. Arthur Compton, Enrico Fermi, Ernest Lawrence und J. Robert Oppenheimer angehörten, kam zu dem Schluß, daß die Bombe gegen eine japanische Stadt eingesetzt werden sollte, und zwar ohne eine Demonstration vorher durchzuführen. Szilard wandte sich an Byrnes, den Staatssekretär, und bat ihn, die Entscheidung des Präsidenten zu überprüfen. Byrnes lehnte ab. Szilard wandte sich an Präsident Truman selbst, aber auch dieser lehnte ab. Am 6. August 1945 wurde die Bombe über Hiroshima abgeworfen.

Szilard, Leo, Memorandum, 17. Juli 1945, Manuskript, Leo Szilard Papers, Mappe 1, Archiv der Regenstein Library, Universität Chicago.

Grenze, wo gar keine Wärme mehr entwickelt wird, stets ter vor. Aehnliche, aber geringere Wirkungen bringt eine geschobene Glasplatte hervor. Wendet man statt der farb Glasscheibe ein blaues Kobaltglas an, so verschwindet das Or ein grofser Theil des Grün, etwas vom Blau, so wie die vom Roth, und das Spectrum besteht aus einer Reihe ung breiter und ungleich leuchtender, mit dunklen Streifen w selnder Zonen. Ein schön violettes Glas macht in der das Gelb und Orange verschwinden, so dafs auf der einen nur Roth, auf der andern Blau und Indigofarbe bleibt; ein thes Glas läfst nur die rothen Strahlen durch. Unter diesen Modificationen behält das Maximum der Wärme be dig eine fast gleiche Lage, und zu beiden Seiten dess nimmt die Temperatur in den successiven Zonen mit der g ten Regelmäfsigkeit ab, die Wärmeerregung wächst also verschiedenen Modificationen des Lichts unbeschadet, vom lett zunehmend bis zum Roth.

72) Hiermit sind die Thatsachen genügend festgestell lein die bei weitem schwierigere Aufgabe ist, eine den Ers nungen angemessene Theorie hierüber aufzustellen. Un verschiedenen zur Erklärung aufgestellten Meinungen übers licher zu machen, wollen wir dieselben unter drei Abtheilu bringen, je nachdem sie der einen oder der andern von d wesentlichen angehören, obgleich es schwer ist, sie gehörig einander zu sondern.

a) Einige nehmen an, die Lichtstrahlen seyen von e thümlichen Wärmestrahlen begleitet. Anhänger dieser sicht sind, oder waren vielmehr, alle diejenigen, w nach Newton's Hypothese das Licht von der Sonne aus den Raum durchlaufen und auf die Erde fallen liefsen. können im Allgemeinen annehmen, dafs alle ältern Phy sich zu dieser Meinung bekannten, die auf jeden Fall die fachste ist. Ein Anhänger dieser Hypothese ist auch H schel, sofern er den Wärmestrahlen im Spectrum eine g gere Brechbarkeit, als den Lichtstrahlen beilegt, und aus ihrer geringeren Brechbarkeit würde es dann erklärlich warum die gröfste Erwärmung im Roth oder selbst je desselben wahrgenommen wird. Nicht minder nimmt Leslie[1] solche eigenthümliche, das Licht begleitende Wä

1 Edinburgh Phil. Trans. T. VIII. Abth. XXI.

Digitized by Google

strahlen an, da er nach seinen Versuchen mit dem Aethrioskop, wovon sogleich die Rede seyn wird, vom Himmel herabkommende Kältestrahlen wahrgenommen haben will; im Ganzen aber ist seine Meinung über das Wesen der Wärme hiermit nicht im Einklange. Baden Powell[1] concentrirte die Farben des Spectrums durch eine Linse, und fand Wärmestrahlen aufserhalb der Grenze des rothen Lichtes. Nach seiner Ansicht kann man hiernach allerdings eigenthümliche Wärmestrahlen annehmen, er trägt jedoch Bedenken, dieser Hypothese beizupflichten, da die Wärme auf jeden Fall durch die Lichtstrahlen erzeugt worden sey und daher die letzteren diese Fähigkeit der Wärmeerzeugung noch haben könnten, ohne wegen ihrer geringen Intensität das Auge zu afficiren.

Es ist schwer, die Meinungen der Physiker über diese Frage genau zu ermitteln, denn sie reden meistens von einem für sich bestehenden Wärmestoffe, zugleich aber von einer innigen Verbindung zwischen Licht und Wärme, und stellen somit eine Sonderung der Wärmestrahlen von den Lichtstrahlen im Spectrum nicht eigentlich in Abrede, ohne sich jedoch über den Unterschied beider und die eigenthümliche Art, wie Wärme durch die Lichtstrahlen der Sonne erzeugt wird, bestimmt und klar auszudrücken, dafs eine eigentliche kritische Beurtheilung ihrer Meinung dadurch möglich würde. Die Ursache hiervon liegt zum Theil in der Unbestimmtheit eines unendlich oft gebrauchten Wortes, der sogenannten Strahlung, ohne dafs man durch den Begriff, welcher hiermit verbunden werden soll, deutlich angegeben findet. Erregen die Lichtstrahlen Wärme, so nennt man dieses *Wärmestrahlung* und das Product *strahlende Wärme*, ohne deren Wesen näher anzugeben, als dafs sie mit dem Lichte verbunden ist, was übrigens durch die Erscheinung selbst gegeben wird und daher nur als eine Angabe der Thatsache, aber nicht als eine Erklärung derselben gelten kann. So redet Leslie[2] viel von strahlender Wärme, nimmt sogar auch *Kältestrahlen* an, stellt aufserdem die Erregung der Wärme durch Sonnenlicht keineswegs in Abrede, ohne jedoch in die Aetiologie des letzteren Processes tiefer ein-

---

1 Annals of Philos. T. VIII. p. 81. 238 ff.

2 Inquiry into the Nature of Heat. Edinb. 1804. 8.

Digitized by Google

zugehn[1]. Beispielsweise führe ich nur Einiges an. So
H. Davy[2]: „Es ergiebt sich, dafs die von der Sonne in
„wegung gesetzte Materie das Vermögen besitze, Wärme o
„Licht zu erregen, und dafs die Wärmestrahlen weniger bre
„bar sind, als die Lichtstrahlen. Einige Naturforscher schlo
„hieraus, dafs alle Strahlen, welche im Sonnenlichte Wä
„erregen, von denen verschieden sind, durch welche die E
„pfindung des Lichts hervorgebracht wird; allein dann wür
„sie wahrscheinlich durch das Prisma ebenso von den farbi
„Strahlen abgesondert werden, als dieses die letzteren scheid
Selbst Herschel d. J. in seiner classischen Bearbeitung der W
melehre[3] sagt: „es geht klar aus den (eben erwähnten) V
„suchen hervor, sofern die erwärmenden Strahlen von den
„leuchtenden getrennt werden, dafs beide einer Ablenkung
„ihrer Bahn unterworfen sind, und da sich die erwärmen
„über eine gröfsere Fläche, als die erleuchtenden verbrei
„so mufs ein Wärmestrahl (beam of radiant caloric)
„Strahlen von verschiedener Brechbarkeit bestehn, auch n
„die Brechbarkeit der letztern eine gröfsere Ausdehnung hab
„als die der erstern.“ Allein hiermit ist das eigentliche W
sen dieser Strahlen, und auf welche bestimmte Weise sie du
die Sonne erregt werden, zwar keineswegs genügend ange
ben, es geht jedoch aus der hier wörtlich mitgetheilten Aeu
rung evident hervor, dafs in den von der Sonne a
gehenden, durch das Prisma aufgefangenen Sonnenstrahlen z
von einander verschiedene Strahlen, leuchtende und erw
mende, vereint sind, die nach der Brechung als getrennt
scheinen. Noch unzweideutiger äufsert sich Melloni[4] hi
über. Aus einer langen Reihe von Versuchen fand er, dafs
den durch ein Prisma von Steinsalz gehenden Sonnenstrah
das Maximum der Temperatur nicht stets an der nämlic
Stelle in dem dunklen Raume vorhanden ist, welcher über

---

1 Beiläufig möge hier bemerkt werden, dafs ich die *Wär*
strahlung keineswegs in Abrede stelle. Die Wärme strahlt allerdi
aber als Wärme und nach eigenthümlichen Gesetzen, wie später
erörtern ist.

2 Beiträge zur Erweiterung des chemischen Theils der Na
lehre. S. 177.

3 Heat. In Encyclopaedia metrop. p. 291.

4 L'Institut. 1840. N. 315. p. 10.

Digitized by Google

Grenze des Roth hinausgeht, sondern sich bald mehr bald weniger von den Farben entfernt, wenn auch die Bedingungen, als die Stärke der Strahlung und die Durchsichtigkeit der Atmosphäre, dieselben sind. Hieraus schliefst er, „dafs die des Lichts beraubten Wärmestrahlen (*rayons calorifiques séparés de lumière*) in gröfserer oder geringerer Quantität zu uns gelangen, je nach dem Zustande gewisser atmosphärischer Beschaffenheiten, welche keinen Einflufs auf die Durchlassung der leuchtenden Strahlen ausüben.“ Ein ähnliches Verhalten der chemischen Wirkungen[1] glaubt er auch aus Daguerre's Versuchen folgern zu dürfen. Es ist für die Untersuchung des vorliegenden Problems von gröfster Wichtigkeit, zuvor den Beweis festzustellen, dafs die Physiker von Wärmestrahlen reden, die keine Lichtstrahlen, sondern eigentliche Wärmestrahlen sind, von der Sonne ausgehen und auf jeden Fall die atmosphärische Luft durchdringen, ehe sie auf das Prima fallen.

73) Die ältere Hypothese, wonach Wärmetheilchen, so wie Lichttheilchen, von der Sonne ausgesandt auf die Erde fallen und daselbst von den Körpern aufgenommen werden, läfst sich nicht gegen die zu machenden Einwürfe vertheidigen, wenn man das schlechte Hülfsmittel anzuwenden sich nicht scheuet, wankende Hypothesen stets durch neue, noch minder feste, zu unterstützen. Hiernach müfste angenommen werden, dafs nach einem unbekannten Gesetze gerade so viel des höchst elastischen Lichtstoffes aus der Sonne stets ausströmte, um in der begrenzten Sphäre das erforderliche Licht zu verbreiten, und dafs gleichzeitig und in Begleitung des Lichtes das gegebene Wärmequantum gleichfalls ausströmte. Letzteres müfste dann auch die nämliche Geschwindigkeit haben, als das Licht, da die Wärme dem Lichte weder vorauseilt, noch hinter demselben zurückbleibt. Ist eine solche absolute Gleichheit der Bewegung zweier, sich anderweitig sehr verschieden äufsernder, Stoffe schon an sich sehr unnatürlich, so läfst sich noch weniger darüber entscheiden, ob bei diesem Processe das Licht die Wärme oder die Wärme das Licht mit sich fortreifst. Fer-

1 Il y a une très grande analogie entre ce phénomène et celui observé par M. Daguerre relativement à l'action diverse des radiations chimiques correspondantes à des hauteurs égales du Soleil au dessus de l'horizon.

Digitized by Google

ner müfste sich hiernach die Wärme auf unserer Erde g
die Erfahrung auf eine unglaubliche Weise anhäufen, eine Fo
rung, die man durch die Annahme beseitigen könnte, dafs
wieder zurückkehre, allein diese an sich wieder unbegrün
Hypothese giebt die Kraft nicht an, durch welche die Wä
von der Erde getrieben würde, nachdem das sie der Erde
führende Vehikel, das Licht, auf eine gleichfalls unbegreifl
Weise verschwunden ist. Inzwischen ist es jetzt kaum n
der Mühe werth, die gänzliche Unhaltbarkeit der vorlieger
Hypothese ausführlich darzuthun, da die Undulationstheorie
Lichtes allgemeinen Eingang gefunden hat.

Wenn die Anhänger dieser letzteren Theorie fortfah
von eigenthümlichen Wärmestrahlen im Lichte zu reden,
ist dieses wohl für nichts weiter zu halten, als für eine
zeichnung der einfachen Thatsache, dafs durch das L
Wärme erzeugt wird und das leuchtende Bild der Sonne
gleich erwärmend wirkt; denn eine genauere Analyse der
tiologie dieses Processes führt zu noch gröfseren Widersprüc
und Ungereimtheiten. Besteht das Licht aus den Undulatio
des Lichtäthers, so ist dieser Aether überall verbreitet; s
(leuchtenden) Vibrationen bestehen blofs aus Verdichtungen
Verdünnungen, welche ebenso wenig als die Schallwellen
gend einen Körper mit sich fortzuführen vermögen, um
weniger aber mit der enormen Geschwindigkeit von 40
Meilen in einer Secunde. Ein solches Fortreifsen einer m
riellen Substanz von der Sonne aus bis zur Erde durch die Und
tionen des Lichtäthers ist in der That allen in der Natur v
handenen mechanischen Gesetzen so durchaus entgegen, daf
zur Widerlegung nichts weiter bedarf, als nur darauf aufme
sam zu machen, da ein jeder, sobald er sich nur bemühet,
Problem auf klare Begriffe zurückzuführen, von dem inneren W
derspruche überzeugt werden wird. Wollte man, was j
wohl kaum noch durch einen gründlichen Physiker gesch
dürfte, die Wärme als blofse Kraft betrachten, so hätte es n
weniger Sinn, wenn eine Kraft, die dem Begriffe nach Be
gung oder Wirkung erzeugt, durch eine andere Bewegung
denjenigen Ort versetzt werden soll, wo sie sich wirksam zei

---

1 Die Hypothese, dafs die Wärme selbst blofs in Bewegung
stehe, bleibt hier ausgeschlossen. Hiernach müfste die Wärmebe

Digitized by Google

Man ersieht also sehr bald, dafs diese Theorie, welcher Hypothese vom Lichte man sie auch anpassen möge, zu allzuvielen und allzugrellen Widersprüchen führt, als dafs man sie noch weiter beibehalten könnte.

74) b) Nach einer zweiten, ungleich gangbareren Hypothese soll Wärme mit Licht dem Wesen nach identisch seyn. Zur Prüfung jeder Hypothese wird unumgänglich erfordert, dafs sie genau und scharf bestimmt sey; leider aber ist dieses nicht stets der Fall, und namentlich bei der Bestimmung des Wesens der Wärme wird oft blofs gesagt, dafs Wärme und Licht einander gleich seyen, obwohl dieses nichts weiter heifsen soll, als dafs die Phänomene beider innig mit einander verbunden sind. Wird im Allgemeinen Gleichheit des Lichts und der Wärme angenommen, so kann dieses auf eine dreifache Weise verstanden werden: zuerst dafs beide Potenzen einander durchaus und vollkommen gleich sind, oder zweitens, dafs die Erscheinungen beider von einem und demselben Stoffe herrühren, welcher jedoch auf verschiedene Weise modificirt seyn müfste, oder drittens, dafs der eine Stoff in den andern übergeht, also zunächst wohl Licht in Wärme verwandelt wird. Wir wollen diese drei Ansichten, sofern sie sich in den Aeufserungen der einzelnen Gelehrten gesondert finden, näher beleuchten.

75) Die Aeufserungen der älteren Physiker, welche eine genige Verwandtschaft der Wärme mit dem Lichte annahmen[1], sind meistens zu unbestimmt, als dafs man genau unterscheiden könnte, zu welcher der drei Ansichten sie sich hinneigen, da im Allgemeinen nur von einer Verwandtschaft beider geredet wird. Bei einer genaueren Uebersicht der vielfachsten und allgemein bekannten Thatsachen konnte man aber weder ehemals, noch viel weniger jetzt die Ueberzeugung einer völligen Gleichheit beider festhalten. Hiergegen streitet unter andern das gesammte Verhalten der dunklen Wärme, die nach Voraussetzung der Identität zugleich Licht seyn müfste, ohne zu leuchten. Man könnte sagen, die dunkle Wärme habe nicht genug Inten-

---

sität durch die Lichtbewegung (Wellen) erst in den Körpern entstehe, könnte aber nicht von der Sonne aus herbeigeführt werden. Blofs von dieser Herbeiführung der Wärme von der Sonne vermittelst der Undulationen des Lichtäthers ist hier vorläufig die Rede.

1 Man findet diese sehr vollständig angegeben in Hallert Elementa Phys. T. V. p. 444. ed. 4.

sität, sey ein Licht von zu geringer Stärke, als dafs es vom A
empfunden werde, wie denn auch ein stärker glühender K
per mehr Licht verbreite, als ein minder stark glühender; al
dann müfste ein beleuchteter Körper stets genau so warm s
als ihn die Erhitzung bis zu dem jedesmal beobachteten H
ligkeitsgrade zu bringen vermöchte, und namentlich mi
Leuchtholz die Wärme schwacher Glühhitze haben. Neh
wir die chemischen Eigenschaften des Lichtes hinzu[1], we
durch Wärme nicht erzeugt werden, und die Veränderur
der Körper durch Wärme, die das Licht hervorzubrir
nicht vermag, so kann von einer absoluten Identität n
wohl die Rede seyn.

Untersucht man die Aeufserungen der Physiker etwas
nauer, so überzeugt man sich bald, dafs sie sich über die
den andern Arten der Vorstellung keineswegs bestimmt a
drücken[2]. Ist die Rede vom Uebergange der Wärme aus
nem Körper in einen andern, von der specifischen und late
Wärme, von den Wirkungen der Wärme, wie sich diese du
die Ausdehnung, Flüssigmachung und Gasification äufsern,
ist unverkennbar von einem eigenthümlichen, dem Lichte
der ähnlichen noch ihm verwandten Wärmestoffe die Rede,
es müfste demnach, wenn durch Licht Wärme erzeugt w
nothwendig eine eigentliche Umwandlung, ein Uebergang
einen verschiedenartigen Stoff statt finden. Sofern aber d
Erzeugung der sogenannten dunklen Wärme durch sogenar
leuchtende Wärme (Licht) statt findet und beide Arten
Wärme sich strahlend zeigen, geht die Eigenthümlichkeit
Lichtes nicht ganz verloren; eigentliche Umwandlung wird n
angenommen, sondern nur eine Modification des Lichtstof
Dieses geht dem Wesen nach aus den Aeufserungen der
lehrten hervor; wir wollen die verschiedenen Modificatio
derselben in einigen Beispielen näher erläutern.

76) Nur im Allgemeinen reden Link[3] und Berthollet
von einer Gleichheit beider Stoffe, die sie aus der Aehnlichk

---

1 S. Art. *Licht. Chemische Wirkungen.* Bd. VI. S. 803.

2 Wuttic's Hypothesen in G. XXII. 415, wornach Licht
Wärme identisch und doch verschieden in ihren Wirkungen seyn
len, überhebe ich mich näher zu erörtern.

3 Beiträge zur Physik u. Chemie. Rostock 1797.

4 Statique chimique. T. I. p. 194.

Digitized by Google

des Verhaltens beider folgern, Dizé[1] aber will aus eigenen Erfahrungen darthun, dafs beide ein und derselbe Stoff sind; inzwischen beziehen sich diese blofs darauf, dafs gebrannter Kalk, mit Wasser oder Säuren benetzt, Wärme und Licht entwickelt, letzteres nachdem er durch das Brennen blofs Wärme aufgenommen hat, die hier als Licht erscheinen soll, wonach beide also identisch seyn müfsten. Der Beweis ist, wie man leicht übersieht, ebenso wenig begründet, als ein anderer, daraus entnommener, dafs leuchtender Phosphor das Thermometer etliche Hundertstel eines Grades steigen macht und elektrische Funken Wärme erzeugen.

Die Hypothese von der Identität des Lichts und der Wärme ist von keinem Andern, so viel ich weifs, so klar und scharfsinnig entwickelt worden, als von Prechtl[2]. Wir müssen demnach den *Wärmestoff* als eine äufserst feine und höchst elastisch-flüssige Materie betrachten, deren Theile sich in grofser Entfernung abstofsen, und die daher in Vergleichung mit andern Materien als inponderabel zu betrachten ist, obgleich sie auch Anziehung gegen andere Körper hat und sich in ihrem Verhalten durchaus als materiell zeigt. Der Wärmestoff ist daher durch das Universum verbreitet, um die Weltkörper aber angehäuft, auch in einzelnen Körpern bis zu einem hohen Grade der Verdichtung vorhanden, und sucht sich vermöge seiner Elasticität von diesen Körpern wieder zu entfernen, um mit den der Umgebung ins Gleichgewicht zu kommen. Er ist demnach einer verschiedenen Bewegung fähig, von der stärksten, welche die Empfindung des *Lichts* mit seinen Abstufungen erregt, bis zu der geringeren, welche die Erscheinungen der Wärme hervorruft. Wird der Wärmestoff durch die Umwälzung der Sonne oder auf jeden Fall durch irgend eine Kraft jenes Himmelskörpers in Bewegung gesetzt und pflanzt sich diese Bewegung bis zur Erde fort, so erhalten wir einen Sonnenstrahl, welcher nicht erwärmend wirkt, so lange er in der ursprünglichen Geschwindigkeit verharret, dagegen in Wärme übergeht, sobald diese Geschwindigkeit seiner Bewegung durch die Anziehung irgend eines Körpers aufgehoben wird. Die anziehende Kraft der Luft gegen die Lichtstrahlen ist beim

---

1 Journ. de Phys. T. VI. p. 177. G. IV. 410.
2 G. XX. 805.

Digitized by Google

Durchgange derselben geringer, wird aber stärker, wenn strahlende Kraft des Lichts durch die Anziehung der Erde g dieselben geschwächt ist[1], und daher erwärmt sich die stärker in der Nähe der Erdoberfläche. Spiegelnde Körper w die Lichtstrahlen zurück, ohne ihre strahlende Kraft zu elid und können sich daher nicht erwärmen, dunkle dagegen we erwärmt, weil durch Elision der strahlenden Kraft das l zur Wärme wird, und ein ähnliches Verhalten findet bei du sichtigen Körpern statt[2]. Das Klima der Planeten wird durch die Höhe ihrer Atmosphären und ihre Masse bedingt. chemischen Wirkungen der Lichtstrahlen beruhen im Allge nen auf einer gröfseren Verwandtschaft des Sauerstoffs Wärmestoff, dessen strahlende Kraft durch ihn stärker, durch die andern Bestandtheile der Körper elidirt wird, so der Sauerstoff vorzugsweise Wärme aus dem Lichte bi statt dafs die nicht strahlende, und daher nicht leucht Wärme an alle Bestandtheile in gleicher Menge übergeht. Lichtstrahlen werden dadurch in Farben zerlegt, dafs ihre st lende Kraft vermindert wird; diejenigen müssen daher am stärk erwärmen, bei denen dieses bereits der Fall war, die dann daher am wenigsten reflectirt werden, also die rothen, und n diesen müssen noch andere, minder schnell bewegte liegen, die stärker erwärmen. Durch Zuführung der Wärme in einen K wächst die Elasticität des Wärmestoffes, bis sie zur Strahlung geht und der Körper erst roth, dann weifs glüht, weil der Ü gang zu schnell erfolgt, als dafs andere Farben entstehen kön

Es würde überflüssig seyn, noch weiter zu erwähnen welche Weise die Erscheinungen des irdischen Leuchtens

1 Ist die strahlende Kraft des Lichtes eine Folge seiner sch Bewegung, so mufs beides durch die hinzukommende Anziehung Erde verstärkt, aber nicht geschwächt werden; die Ursache der Sc chung durch diese Ursache ist also nicht deutlich angegeben.

2 Wenn Prechtl die gröfsere Helligkeit aufserhalb unserer in Zweifel stellt, so scheint mir hierin eine unnöthige Inconse zu liegen; denn eben die bekannte aufserordentliche Geschwind des elastischen Stoffes bedingt seine Leuchtkraft, auch streitet gegen die mit der Erhebung zunehmende Helligkeit. Ebenso kann ein Meteorstein bei seinem Eintritt in die weniger dichte und seinem Durchgange durch die Atmosphäre aus dieser Glüh annehmen, da er sie bei der Berührung der Erde, also unter gi gern Bedingungen, wieder verliert. Hiernach müfste die nämlich sache erst Wärme erzeugen und dann wieder vernichten.

Digitized by Google

Rhythmik dieser Theorie zusammenhängen, ist in Hauptlinien bereits angedeutet worden. Es ist nur noch hinzuzufügen, daß die Theorie, wie sie sie aufstellt, auch in ihrer Einzelausführung, soweit sie sich auf die Gesetze der Rhythmik bezieht, durchaus richtig ist. Wenn sie einen Unterschied zwischen Rhythmus und Metrum macht, so ist dieser Unterschied nicht ein wesentlicher, sondern nur ein gradueller. Sie sagt, Rhythmus sei das Gesetz der Zeitverhältnisse, Metrum das Gesetz der Betonungsverhältnisse. Beide sind aber nur verschiedene Seiten desselben Gesetzes, und es ist nicht richtig, wenn sie sagt, daß der Rhythmus das Gesetz der Zeitverhältnisse sei, das Metrum dagegen das Gesetz der Betonungsverhältnisse. Beide sind Gesetze der Zeitverhältnisse, und beide sind Gesetze der Betonungsverhältnisse. Das Gesetz der Zeitverhältnisse ist das Gesetz, das gewisse Zeiten wiederkehren, das gewisse Zeiten gleich sind. Das Gesetz der Betonungsverhältnisse ist das Gesetz, daß gewisse Betonungen wiederkehren, daß gewisse Betonungen gleich sind. Das Gesetz der Betonungsverhältnisse ist also nur ein Gesetz der Zeitverhältnisse, insofern gewisse Zeiten durch gewisse Betonungen gleich sind. Es ist also nur ein Gesetz der Zeitverhältnisse, insofern gewisse Zeiten durch gewisse Betonungen gleich sind. Das Gesetz der Zeitverhältnisse ist das Gesetz der Zeiten, die durch keine Betonungen gleich sind. Es ist also nur ein Gesetz der Zeitverhältnisse, insofern gewisse Zeiten durch keine Betonungen gleich sind. Das Gesetz der Zeitverhältnisse ist das Gesetz der Zeiten, insofern gewisse Zeiten durch gewisse Betonungen gleich sind, und das Gesetz der Zeiten, insofern gewisse Zeiten durch keine Betonungen gleich sind. Das Gesetz der Zeitverhältnisse ist also

aber ein bewegtes Molecül einmal in Bewegung (Strahlung) kann diese nicht negativ (entgegengesetzt) werden, ohne v = 0 zu werden; der Uebergang von positiver zu negativer Be gung geht nothwendig durch 0, und da die Aufhebung der g benen Bewegung eine Verwandlung in Wärme bedingen sol mufs alles auf Körper jeder Art fallende Licht zu Wärme den. Im rothen Lichte soll die Bewegung des Aethers am ringsten, daher die Wärme am stärksten seyn, die schnelle wegung des weifsen Lichts wird aber langsamer durch Wirkung des Prisma's; aber wenn das erste Prisma die B gung des weifsen Lichtes so weit schwächt, dafs langsa rothe Strahlen entstehen, so müfsten die durch das erste destens etwas aufgehaltenen blauen Strahlen durch ein zw oder drittes u. s. w. so weit verzögert werden, dafs sie gl falls roth würden, was gegen die Erfahrung streitet. Die pothese läfst ferner die Frage ganz unbeantwortet, wie es geht, dafs das wenig helle, nicht röthliche, vielmehr bläuliche, Licht des Knallgasgebläses eine ungleich stärkere im Quarz, Kalk, blanken Platin u. s. w. erzeugt, als das nenlicht von der gröfsten bis zur geringsten Helligkeit und dessen Farbe immer seyn mag[1].

Vor allen Dingen aber kommt dasjenige in Betrach was aus der neuesten Erweiterung der Optik hervo Prechtl ist zwar in seiner Hypothese auf gewisse Weise hänger der Undulationstheorie, denn er leidet die Lichters nungen aus Bewegung ab, allein diese Theorie war noch in ihrer gegenwärtigen vollständigern Ausbildung vorha Nehmen wir sie so, wie sie jetzt besteht, so wäre es blofs ein wahrhaft überflüssiges, sondern auch ein zwec Bemühen, die Identität von Licht und Wärme darthun zu len. Ueberflüssig wäre dieses Bestreben, weil sich doch i That überhaupt kein Grund, viel weniger ein triftiger od genügender, auffinden läfst, welcher uns abhalten könnte, eigenthümlichen, vom Lichte verschiedenen, Wärmestoff nehmen, vielmehr werden wir hierzu gezwungen, wenn die auffallende Verschiedenheit der Wärmephänomene un des Lichts scharf ins Auge fassen. Als zwecklos aber

1 Vergl. Parrot Entretiens sur la Physique T. IV. p. 806. chie's Versuche in Phil. Trans. 1827. P. II. p. 139.

Digitized by Google

Lebensweise, seine, zur Gutmüthigkeit, mit der Kälte, Grausamkeit und Verschlossenheit seines Charakters in Widerspruch stehende Abneigung mit allen geistigen und körperlichen Genüssen verbunden sey. Die Gutmüthigkeit, die Tiberius in seinen ersten Jahren gezeigt habe, sey nur Verstellung gewesen.

Tiberius, der Sohn des Tiberius Claudius Nero und der Livia Drusilla, die gleichen Geschlechtsstamm, wenn sie nicht Geschwisterkinder waren, doch nahe verwandt waren, wurde im Jahre 42 vor Christi Geburt geboren. Er war ein Enkel des Augustus, der ihn, als er noch ein Knabe war, seiner Mutter Livia, die Gemahlin des Augustus geworden war, entriß, und ihn, da er keine Söhne hatte, zu seinem Adoptivsohne machte. Tiberius mußte sich also, da sein Vater noch lebte, von ihm trennen, und kam in das Haus des Augustus, wo er mit seinem Bruder Drusus, dem Sohne der Livia, erzogen wurde. Augustus, der sich, da sein Stiefsohn Marcellus, der Sohn seiner Schwester Octavia, gestorben war, keine Söhne hatte, und sich auch keine versprechen konnte, da er selbst schon alt war, und seine Gemahlin Livia nicht mehr gebären konnte, sah sich genöthigt, seine Wahl auf einen seiner Stiefsöhne zu werfen, und da er Tiberius für den tüchtigsten hielt, so ließ er ihn seine Kriegsthaten ausführen, und ihn, da er noch ein Jüngling war, mit Vipsania, der Tochter des Agrippa, verheirathen.

Nach dem Tode Agrippa's, des Freundes des Augustus, mußte Tiberius die Julia seines Vaters verstoßen und Witwer werden, und Augustus gab ihm seine Tochter Julia zur Gemahlin. Diese Ehe war unglücklich, und Tiberius, der sich nicht mit Julia vertragen konnte, zog sich nach Rhodus zurück, wo er sich mit Astronomie beschäftigte, und lebte, wie ein Privatmann. Nach dem Tode des Augustus, der seine Enkel, die Söhne seiner Tochter Julia, Caius und Lucius, adoptirt hatte, kam Tiberius wieder nach Rom, und wurde, da Caius und Lucius gestorben waren, und Agrippa Postumus, der dritte Sohn der Julia, verbannt worden war, zum Nachfolger des Augustus ernannt.

nach für identisch hält, indem das Licht zur Wärme we soll, wenn seine grofse Geschwindigkeit zur langsameren wegung oder zur Ruhe übergeht[1]. Man darf hierbei übersehen, dafs Biot zu dieser Hypothese auf gewisse V gezwungen war; denn da er das Licht als materielles W von der Sonne ausgehen und auf der Erde anlangen lief mufste er nothwendig, um die Wärmeerregung im Brennp zu erklären, entweder die oben (§. 73) bereits als naturw dargestellte Hypothese von eigenthümlichen, die Lichtstr begleitenden, Wärmestrahlen annehmen, oder eine Verwan des Lichts in Wärme zugestehn.

Es liefsen sich noch weit mehrere Gelehrte anführen, durch die Aehnlichkeit beider Phänomene, der Lichtstral und der Wärmestrahlung, veranlafst wurden, eine Identität der Potenzen anzunehmen, wenn sie auch Bedenken tr diese Ansicht bestimmt auszusprechen; inzwischen wollen unter diesen doch Leslie[2] nennen, welcher noch oben viel über Wärme geschrieben hat.

79) Mit der Hypothese einer Gleichheit der Wärme des Lichts ist eine andere gleichsam nothwendig verbu die wir hier näher prüfen wollen, um so mehr, da sie s früher gelegentlich erwähnt werden mufste. Wird das in Wärme verwandelt, auf welche Weise dieses auch ges hen mag, so mufs nothwendig die Wärme durch das u hörlich zur Erde gelangende Licht bedeutend und weit st vermehrt werden, als sich mit der Erfahrung vereinigen Um dieser Schwierigkeit auszuweichen, nahm man zur sogen ten *Strahlung* seine Zuflucht, die man die irdische nannte, bei Täuschungen um so weniger zu vermeiden waren, je wisser und ohne Widerrede es eine *Wärmestrahlung* g Letztere einfach aufgefafst besteht darin, dafs die in ir einem Körper aufgehäufte stärkere Wärme an einen mi stark erwärmten Körper, ohne Zwischenmittel und unmitte

---

1 La transmission plus abondante à mesure, que le rayonne colorifique s'approche de l'état de lumière, semble indiquer le pr d'un même phénomène qui, dans ses modifications diverses agit nous inégalement, comme si les émanations calorifiques n'étoient de la lumière obscure, et la lumière du calorique lumineux.

2 Inquiry into the nature of Heat. 1804. Philos. Trans. P. I. prop. 40.

Digitized by Google

Berührung beider Körper, übergeht. Man glaubte sich hierdurch berechtigt, anzunehmen, dafs die auf der Erdoberfläche erzeugte, aus dem Lichte entstandene Wärme nach eintretender Dunkelheit wieder zum leeren Himmelsraume zurückkehre. Wo sie dort bleibe, ob sie sich im Weltenraume zerstreue und diesen nach und nach erwärme, diese nicht blofs natürliche, sondern wohl nothwendige Frage blieb unbeantwortet; blofs Biot katet beiläufig an, die Wärme möge wohl auf irgend eine bekannte Weise der Sonne wieder zuströmen und so abwechselnd zwischen Sonne und Erde kreisen. Autoritäten für diese Meinung anzuführen würde unnöthige Weitläuftigkeit veranlassen, die um so mehr vermieden werden kann, da wohl mit äufserst wenigen Ausnahmen alle Physiker diese sogenannte strahlende Wärmestrahlung annehmen und in der durch Wells[1] angestellten Theorie des Thauens eine schöne Anwendung und Bestätigung derselben finden. Zweckmäfsiger wird es seyn, die Thatsache, wie sie allein vorstellbar seyn kann und nothwendig seyn mufs, deutlich im Einzelnen zu entwickeln, hauptsächlich um den unbestimmten Ausdruck *Strahlung* von der magisch wirkenden Achtung zu entkleiden, die ihm zu Theil geworden ist und die gewifs in dem umgebenden Dunkel Viele zu Anhängern der Theorie gemacht hat, von denen doch keiner, so viel mir bekannt, sich jemals zu einer Analyse der Thatsache verstanden hat. Aufserdem ist es nothwendig, diejenigen Apparat hier zu beschreiben, dessen man sich vorzugsweise zur Wahrnehmung dieser Strahlung bediente.

80) Die ganze Hypothese, den Uebergang des Lichts zur Wärme und die Strahlung der letztern betreffend, wird stets nur kurz angegeben. Das Licht, namentlich das der Sonnenstrahlen, erzeugt Wärme. Dieses ist Thatsache, die nicht widersprochen werden kann. Hiernach ist die Wärme einmal vorhanden und sie müfste ohne Unterlafs zunehmen, allein sie strahlt wieder zurück und zwar vorzugsweise gegen den heiteren Himmel, wobei diejenigen Bedingungen und Modificationen statt finden, die im Artikel *Thau* bereits erwähnt worden sind und welche hier zu wiederholen nicht nöthig scheint. Dabei wird stillschweigend vorausgesetzt, dafs die Quantitäten des ausstrahlenden Wärmestoffs, einige Schwankungen nicht ge-

1 S. Art. *Thau*. Bd. IX. S. 687.

Digitized by Google

rechnet, welche die ungleichen Wechsel gröfserer Hitze oder K einzelner Jahre und Jahreszeiten bedingen, sich stets Gleichgewicht halten, obgleich es mit grofsen Schwierigk verbunden seyn dürfte, den oft so enormen Unterschied intensivsten und geringsten Kälte der Winter und W der Sommer an den nämlichen Orten hiermit in Einklang bringen.

Das Instrument, wodurch die statt findende Strahlung Wärme von der Erde gegen den heitern Himmel oft best gefunden wurde, soll von Wollaston erfunden worden s welcher damit schon vor 1814, also vor dem Erscheinen Werkes von Wells über den Thau, Versuche anstellte Biot[2] eine Nachricht davon mittheilte, die von diesem öf lich bekannt gemacht wurde. Auch Leslie macht auf die findung Anspruch, allein dieser machte von seinem Instrum erst im Jahre 1817 Gebrauch[3]. Der Apparat, *Aethrioskop* *αἰθὴρ* die helle Luft und *σκοπέω* ich sehe) genannt, be aus einem Hohlspiegel mit einem empfindlichen Thermo in seinem Brennpuncte, den man gegen den heitern Hi richtet, und wenn dann das Thermometer sinkt, so betra man dieses als Folge einer Entfernung der Wärme gegen Himmel, der sogenannten irdischen Strahlung. Murray

Fig. 39. ein tragbares Aethrioskop angegeben. Dieses besteht aus Glaskugel B auf einem kleinen hölzernen Gestelle, welch Hälfte mit Weingeist gefüllt ist. In diese wird das einer Thermometerröhre C D eingeschliffen, deren Scale zug als Säule dient, um den Hohlspiegel A zu tragen. Im Br puncte des letztern befindet sich die kleine Kugel b des thermometers, und zugleich ist er mit einem Deckel schlossen, den man wegnimmt, um die Strahlung zu obachten. Leslie[5] hat die anfängliche Einrichtung beib

---

1 Edinburgh Philos. Journ. N. IX. p. 176.

2 Bulletin des Sciences par la Soc. Philom. Nov. 1816. Journ. of the Royal Instit. T. III. p. 184.

3 Edinburgh Philos. Trans. T. VIII. p. 484.

4 Edinburgh Phil. Journ. N. XII. p. 356.

5 Description of Instruments, designed for extending and proving meteorological observations. Edinburgh 1820. 8. Ue von Brandes. Leipz. 1823. Darin ist indefs das Aethrioskop nich gens beschrieben, wohl aber in Robert Nicholson's Anweisung

Digitized by Google

[illegible], inzwischen ist, wo nicht bei den frühern, mindestens bei den [illegible]tern Instrumenten die unterste Kugel mit einer auswärts blan[illegible]n messingnen so umgeben, dafs zwischen beiden ein kleiner [illegible]wischenraum bleibt; bei andern Exemplaren ist die untere [illegible]gel, etwa doppelt so grofs als die obere, mit einer Hülle [illegible]n Leinwand umgeben, um die Strahlung derselben zu ver[illegible]n. Nobili[2] verglich ein von Newman in London ver[illegible]s Exemplar mit seinem Thermomultiplicator, wobei je[illegible]s Uebergewicht sehr auf die Seite des letztern Instru[illegible]s fiel. Hiernach ist die Scale des Aethrioskops tausend[illegible]; es lassen sich dabei noch halbe Grade füglich schä[illegible] und diese entsprechen 0,05 Grad des Centesimalthermo[illegible]. Wird der Deckel geöffnet, so steigt die Flüssigkeit [illegible] um 30 bis 40 Grade der tausendtheiligen Scale, ja un[illegible]gen Umständen wohl bis 50 Grade[3]. Dennoch war [illegible]'s Thermomultiplicator[4] so viel empfindlicher, dafs er, [illegible] einen Spiegel gegen den heitern Himmel gerichtet, so[illegible] eine Ablenkung der Nadel um 120 Grade gab, worauf [illegible] die Nadel nahe bei 90°, also dem Maximum der Ablen[illegible] stehn blieb. Beim Richten beider Instrumente gegen eine [illegible]quelle, die allmälig abnahm, kam das Aethrioskop zum [illegible]le, während die Nadel des Thermomultiplicators noch [illegible] von 25° bis 30° durchlief. Vorher ergab die Beobach-

---

[illegible], Prüfung, Anwendung und Verfertigung aller Arten Ther[illegible], Barometer, Hygrometer, Pyrometer, Aräometer, Hydro[illegible] u. s. w. 2te Aufl. 1833. 8. S. 72.

1 Er bedient sich dazu desjenigen seiner Differentialthermome[illegible]s, welches Bd. II. S. 539 beschrieben und Fig. 168 gezeichnet wor[illegible]ist.

2 Antologia di Firenze N. 136. Poggendorff's Ann. XXVII. 455.

3 Die Reduction ist leicht, da 10 Grade des Aethrioskops auf [illegible] der Centesimalscale gehn. Ob es aber möglich sey, eine un[illegible]llen Umständen sich gleichbleibende Correspondenz zwischen den [illegible]n des Aethrioskops und eines genauen Thermometers zu erhal[illegible], mufs ich nach meinen Versuchen mit Leslie'schen Differential[illegible]metern bezweifeln; ein Aethrioskop habe ich nie gebraucht. [illegible]s könnte man statt dessen sich auch füglich gewöhnlicher [illegible]meter bedienen, die sich für die hierzu erforderlichen Tem[illegible]en füglich so verfertigen lassen, dafs man an ihnen noch halbe [illegible]grade unterscheiden kann.

4 S. Art. Thermometer, Bd. IX. S. 999.

Digitized by Google

tung, dafs eine Ablenkung von 66° ungefähr 1 Grade und Ablenkung von 44° ungefähr 0,5 Grad des Aethrioskops gehörte, woraus die unglaubliche Empfindlichkeit des e Instrumentes genügend hervorgeht. Bedient man sich abe Kunstgriffes, die leitenden Drähte umzukehren, wenn die del eine gewisse Entfernung vom Nullpuncte angenomme so geht sie dann nach der andern Seite, uud die Empfind keit des Apparates wird dadurch verdoppelt, so dafs man Nobili wohl im Stande ist, den 6000sten Theil eines G der achtzigtheiligen Scale wahrzunehmen. Melloni[1] be sich gleichfalls seines Thermomultiplicators zu Strahlung suchen, und sah die Magnetnadel augenblicklich auf Kält gen, wenn er sich jenes feinern Instrumentes statt des mometers bei dem Versuche bediente. Inzwischen geni schon, die Säule blofs auf eine Fensterbank zu stellen un Reflector gegen den Himmelsraum zu richten, um die auf deutende Abweichung der Magnetnadel wahrzunehmen, und eine desto stärkere, je ruhiger die Luft und je freier von sten sie ist. Kommen Wolken in diejenige Gegend des mels, gegen welche die Axe des Reflectors gerichtet is nähert sich die Nadel sofort dem Nullpuncte wieder. Versuche Melloni's, wonach es der verticalen Stellun Aethrioskops nicht bedarf, sondern nur einer Richtung den Himmel, um Strahlungsphänomene wahrzunehmen, unter Voraussetzung der Zuverlässigkeit der erhaltenen Re und der Abwesenheit anderweitig bedingender Einflüss meisten für eine Strahlung entscheidend; dennoch aber erf die Wichtigkeit der Sache eine strenge Prüfung des g Problems.

81) Wie grofs und allgemein auch der Beifall seyn womit die durch Wells zur Erklärung der Phänomen Thauens aufgestellte Hypothese von einer Strahlung der a Erdoberfläche durch die Sonnenstrahlen erzeugten Wärme den heitern Himmel aufgenommen worden ist, so lasser doch die sehr gewichtigen und nach meiner Ansicht unwid lichen Argumente gegen dieselbe bei unparteiischer und g licher Prüfung durchaus nicht verkennen; ich habe mich

1 L'Institut 1835. N. 89. Poggendorff's Ann. XXXV. 570.

Digitized by Google

Wenn die Sonne dunkler scheint, und selbst mit
dem Fernrohr betrachtet, dunkle Flecken zeigt, so
ist dieß eine Folge davon, daß sie mit einer Dun-
statmosphäre umgeben ist, welche das Licht mehr
oder weniger absorbirt. Dunkle Atmosphären, und
selbst dunkle Körper, sind es, welche wir in den
Kometen vermuthen, wenn sie sich der Sonne nähern,
und wenn sie Flecken zeigen sollten, und dann Theile
ihrer Oberfläche, oder ihrer Atmosphäre, sich in
Dampf auflösen, und sich in Schweif verwandeln.
Wenn sie sich der Sonne nähern, so müssen sie sich
in Folge ihrer Schwere gegen sie hin bewegen, und
wenn sie sich ihr nähern, so müssen sie sich mit
einer Geschwindigkeit bewegen, welche sie in Stand
setzt, sich wieder von ihr zu entfernen. Wenn sie
sich durch diese Kräfte von Wurfkraft, welche
sie in Bewegung setzte, und Schwere, welche sie
gegen die Sonne hin zieht, nicht mehr von ihr
entfernen können, so müssen sie sich ihr nähern,
und endlich in sie fallen, wie ein Körper, der
auf die Erde geworfen wird, und nicht mehr
Kraft hat, sich von ihr zu entfernen, endlich auf
sie fällt. Wenn sie sich der Sonne nähern, so
müssen sie sich mit einer Geschwindigkeit bewegen,
welche sie in Stand setzt, sich wieder von ihr zu
entfernen, wie ein Körper, der auf die Erde
geworfen wird, sich mit einer Geschwindigkeit
bewegen muß, welche ihn in Stand setzt, sich
wieder von ihr zu entfernen, wenn er nicht auf
sie fallen soll. Wenn sie sich der Sonne nähern,
so müssen sie sich mit einer Geschwindigkeit
bewegen, welche sie in Stand setzt, sich wieder
von ihr zu entfernen, wenn sie nicht in sie fallen
sollen. Wenn sie sich der Sonne nähern, so müssen
sie sich mit einer Geschwindigkeit bewegen, welche
sie in Stand setzt, sich wieder von ihr zu entfernen,
wenn sie nicht in sie fallen sollen. Wenn sie sich
der Sonne nähern, so müssen sie sich mit einer
Geschwindigkeit bewegen, welche sie in Stand
setzt, sich wieder von ihr zu entfernen, wenn sie
nicht in sie fallen sollen. Wenn sie sich der Sonne
nähern,

ausgesandten Wärme von der Erde aufgefangen wird. D
Argument bewog vermuthlich Biot zu äufsern, die vor
Erde ausgestrahlte Wärme möge wohl durch einen gew
unbekannten Procefs wieder zur Sonne zurückkehren,
dieses wäre dann immer nur ein unmerklich kleiner Thei
gesammten Verlustes. Tritt am Tage eine Wolke vo
Sonne, so behält der beschattete Theil der Erde seine erha
Wärme nicht etwa ohne Vermehrung bei, sondern er ve
sie augenblicklich. Wollte man diesen Verlust gleichfall
eine Folge der Strahlung betrachten[1], so müfste die Wolk
Tage das Gegentheil bewirken, als bei Nacht, denn wä
der Nacht hindert sie die Strahlung und hebt sie ganz
und nähme man, um dieser Schwierigkeit zu entgehen,
andere Ursache dieses Verlustes, etwa das Aufsteigen de
hitzten Luft und der Dämpfe, an, so liefse sich diese Ur
auch für die nächtliche Abkühlung in Anspruch nehmen.

82) Hiernach kann also die Ursache der nächtlichen S
lung nicht in der Erde liegen, denn diese nimmt viel
übereinstimmend mit dem Verhalten aller Körper überhaup
ihr dargebotene Wärme in Folge der allgemeinen Anziehu
kraft der Materie auf und bindet sie, kann sie daher unm
lich in einem solchen Grade wieder von sich stofsen, da
dadurch gleichzeitig die an die Wasserdämpfe gebundene
gierig wieder anziehn sollte, mindestens ist nirgends nac
wiesen worden, ob und wie sie durch das Licht und d
Abwesenheit hierzu disponirt werden könnte. In den H
melsräumen darf diese Ursache gleichfalls nicht gesucht
den, denn man kann unmöglich einem unbekannten L
eine solche Kraft beilegen, und sie müfste daher in der W
me selbst vermöge deren eigenthümlicher Beschaffenheit li

---

1 Hierzu scheint Boussingault, ein eifriger Anhänger d
Strahlungshypothese, geneigt. Er erzählt in Ann. de Chim. et
T. LVII. p. 113, dafs zu Guaillabamba in Quito auf dem san
und hochliegendem Boden die Wärme am Tage und die Käl
Nacht so stark sey, weil es für die Strahlung so günstig liege. W
bei Tage die Hitze unerträglich sey und eine Wolke vor die S
trete, so entstehe plötzlich eine empfindliche Kälte (un froid
vif). Es klingt dieses fast, als nehme die Wärme den Augen
der Nichtbeachtung durch die Sonne wahr, um sofort wieder in
Himmelsraum zu entweichen.

Digitized by Google

dieser Beziehung muſs zuvörderst bemerkt werden, daſs bei
Hypothese im Allgemeinen vorausgesetzt wird, es sey ein
eigentlicher Zuwachs von Wärme vorhanden, indem diese
weder von der Sonne aus der Erde zuströme, oder das von
Himmelskörper ausgesendete Licht in Wärme verwandelt
de; aber beide Hypothesen sind aus den angegebenen Grün-
unzulässig. Von unverkennbarer Wichtigkeit ist indeſs
Argument, wenn man sagt, das Phänomen der Erwärmung
Erde durch die Sonnenstrahlen am Tage und ihrer Abküh-
während der Nacht sey einmal vorhanden, die Existenz
Wärmestrahlung aber lasse sich nicht in Abrede stellen,
die Erde müsse daher ebenso gut, als jeder andere Kör-
Wärme ausstrahlen, und zwar gegen die sie umgebende
Hülle; die Ursache hiervon liege in der eigenthümli-
Beschaffenheit der Wärme, der wir, wenn auch ohne
Nachweisung des eigentlichen Grundes, die Eigenschaft
Strahlung in Gemäſsheit unzweifelhafter Erfahrungen bei-
müſsten.

Das Gewicht dieses Argumentes läſst sich keinen Augen-
in Abrede stellen, jedoch darf eben in Beziehung auf das
sächliche Folgendes nicht übersehn werden. Zuerst strahlt
dings jeder wärmere Körper seinen Ueberschuſs gegen käl-
aus, und die Strahlung geht auch wirklich durch den lee-
Raum, wie wir vorläufig zugeben wollen, zu Körpern in
haltnismäſsig geringem Abstande über, das Stattfinden einer
hlung gegen den *unbegrenzten leeren Raum* ist aber durch
Erfahrung, auſser die bei der Erde selbst statt findende,
ben, die daher nicht durch sich selbst bewiesen werden
n. Zweitens aber gewahren wir allerdings, daſs die Wär-
eines heiſsern Körpers gegen einen kältern strahlt, allein
ist kein Phänomen gegeben worden, daſs ein wärmerer Körper
Strahlen durch ein noch wärmeres Medium dem kältern
per oder gar einem wärmelosen Medium zusendet, wie man
der Erde annimmt, deren Wärmestrahlen die mehr er-
nten nächsten Luftschichten durchdringen und dem höhern
ohn oder sehr kalten Raume zueilen sollen. Eine solche,
den andern Thatsachen, wie man sie bisher aufgefaſst hat,
chlechthin widerstreitende Hypothese muſs man daher ent-
eder überhaupt aufgeben, oder einen genügenden Erklärungs-
und dieses gänzlich abweichenden Verhaltens aufsuchen. Ehe

Digitized by Google

dieses aber mit einiger Sicherheit geschehn kann, müsse
erst die Gesetze der Wärmestrahlung, des Durchgange
Wärmestrahlen durch die verschiedenen Körper und das
hältnifs derselben zu den Lichtstrahlen näher untersucht
den, und wir verlassen daher diese Betrachtungen, un
nachdem dieses geschehn seyn wird, wieder anzukn
(§. 363).

83) c) Nach einer dritten Hypothese, welche mehre
tere und auch wohl einige neuere Anhänger zählt, sin
Lichtstrahlen nicht an sich warm, sondern erregen, ohne
in Wärme umgewandelt zu werden, nur die in den Kö
selbst vorhandene, in einem Zustande der Ruhe oder de
bundenseyns befindliche Wärme. Um von den verschie
Autoritäten nur einige der bedeutendsten anzuführen, erw
ich J. A. DE LUC[1]. Dieser nimmt an, die Lichtstrahlen
nicht an sich warm, sondern würden erst durch ihre Ve
dung mit dem Feuerstoffe zur Wärme umgewandelt. Es ist in
schen schon oben (§. 3) erwähnt worden, dafs seine, auf
unbegründete Hypothesen gestützte Theorie eine genauere
fung nicht verdient. Auch FLAUGERGUES[2] hält die Son
strahlen an sich nicht für warm, sondern nur für Wärm
regend. Am wichtigsten ist wohl die Hypothese, welc
W. MARSCHALL v. BIEBERSTEIN[3] hierüber aufgestellt hat.
ser entlehnte aus seinen astronomischen Forschungen ei
sich ziemlich consequente Hypothese über das Wesen des L
und der Wärme. Beide sind nach ihm eigenthümliche mate
Stoffe, von denen das Licht sich stets im Weltraume be
die Wärme aber durch eine Art von Anziehung mit den W
körpern in Verbindung bleibt. So ist die Wärme unserer
an diese gebunden und erhebt sich nur bis zu einer gew
Höhe über ihre Oberfläche. Das Licht entbindet die W
auf unserer Erde, entfernt sich aber der Schnelligkeit s
Bewegung gemäfs augenblicklich wieder und läfst die W
an manchen Orten stark angehäuft zurück. Diesem ge
zeigt sich an jedem Orte eine tägliche und jährliche Ebbe
Fluth des Wärmestoffs, jene in Folge der täglichen Axen

---

1 Lettres physiques et mor. T. V. L. 142.
2 Journ. de Phys. T. LXXXVII. p. 270.
3 V. Zach monatliche Correspondenz. Th. XX. S. 515.

Digitized by Google

Bei der Arbeitung Gedicht. Ich hab, wie die Bronx-Theorie, Gedicht, Gedicht, Gedicht

Thatsache aufmerksam geworden, unter denen Marat erste seyn dürfte, denn er fand bei seinen Versuchen mit Mikroskop, dafs sehr kleine Körper im Focus nicht wurden, und folgerte hieraus, dafs die Sonnenstrahlen a nicht warm seyn könnten, sondern nur aus den getro Körpern Wärme entwickelten. Auch v. Tschirnha nahm die geringe Wärmeerregung wahr, welche seine Brennlinsen in sehr feinen Drähten erzeugten. Als v. Trow die Lösung dieses Problems in Anregung gebracht erfuhr ich durch Moll, dafs Wollaston und Arago hierüber unterhalten hätten, ihre Erklärung aber war Gedächtnifs entfallen, jedoch erhielt ich dieselbe später Capitain Kater, welcher sie von Wollaston erhalten Hiernach soll jeder Körper im Verhältnifs seiner Masse W aufnehmen, aber im Verhältnifs seiner Oberfläche ausstr Ein Spinnenfaden ist als ein Cylinder zu betrachten, un fern bei Cylindern von gleicher Länge sich die Oberfläch Masse wie $2r:r^2$ verhält, mithin die Masse im quadrati die Oberfläche aber im einfachen Verhältnisse abnimmt, s sich eine Abnahme denken, wobei die Masse gegen die fläche eine verschwindende Gröfse wird, wie bei einem nenfaden, dessen Wärmestrahlung der Oberfläche propor daher überwiegend grofs gegen die der Masse proport Aufnahme der Wärme seyn mufs, so dafs derselbe z Wärme ausstrahlt, als dafs er im Focus zerstört w könnte.

85) Genau genommen leuchtet mir diese Erklärung ein; denn der Spinnenfaden ist anfänglich kalt, die W strahlen der Sonne werden ihm erst zugeführt, ehe seine peratur zunimmt, sie werden von der Oberfläche aufgeno und zwar dieser proportional; diese Aufnahme geht abe Ausstrahlung nothwendig voraus, und wenn letztere stark soll, mufs auch erstere im gleichen Verhältnifs stark seyn, hin immer eine Zerstörung durch erhöhte Temperatur stat den. Kater gestand die Gültigkeit dieser Argumentatio wie nicht minder auch die Folgerung, dafs ein gleiches halten bei andern Wärmequellen gleichfalls statt finden m

1 Découvertes sur le feu, l'électricité et la lumière. Sec. éd 1779 8.

2 Acta Erud. Lips. 1691. p. 517. 1697. p. 414.

Digitized by Google

Ich will mir einen Garten, Alle die Garten sind da, Ich will mir einen Garten, Ich will mir einen Garten, Ich will mir einen Garten

und bei einem Wollaston'schen versilberten Platindrahte 0,0
Lin.

86) Gegen die aus diesen Versuchen entnommene Fol
rung, dafs die Lichtstrahlen weder in Wärme verwandelt w
den, noch eigene Wärmestrahlen mit sich führen, vielmehr
Wärme in den Körpern blofs erregen, hat sich ein ebe
gelehrter als scharfsinniger Physiker, Prechtl[1], erklärt,
dem er die ausbleibende Erhitzung solcher feiner Fädchen v
mehr aus einer Abkühlung durch aufsteigende Luftströ
ableitet. Um von bestimmten Gröfsen auszugehn, nimmt
die Temperatur des Spinnenfadens zu 20° R. an, und ders
soll dann durch die Lichtstrahlen eine Wärme von 30° R.
halten, die nicht höher steigt, weil die mit 12,5 Fufs
schwindigkeit zuströmende Luft von 20° R. ihm nach
Verhältnisse seiner Masse und Oberfläche stets so viele Wä
entzieht, dafs seine Temperatur nie über 30° R. hinausg
Inzwischen habe ich dieser, wenn gleich auf den Calcül
gründeten, Erklärung nach meiner Ansicht unwiderlegliche
gumente entgegengesetzt[2]. Zuerst streitet eine Luftströ
von 12,5 Fufs Geschwindigkeit gegen alle Wahrscheinlichk
ist bei weitem gröfser als diejenige, womit der Rauch von
Focus brennenden Körpern aufsteigt, und mufs in dem en
Raume eines allseitig abgeschlossenen Refractors als ganz
möglich erscheinen. Eine solche Geschwindigkeit kann
zweitens gar nicht hervorgebracht werden. Es wird näm
angenommen, dafs ohne Ableitung der Wärme eine Hitze
600° R. = T entstehn würde, folglich um die Temperat
erhöhung innerhalb der Grenze von 10° = t zu erhal
$\frac{T}{t} = 60$ Luftwechsel in einer gegebenen Zeit erforderlich se
woraus dann folgt, dafs 12,5 Fufs Geschwindigkeit der L
diesen zur genügenden Abkühlung erforderlichen steten We
sel geben, wenn man die Zeitdauer, während welcher die L
mit dem Spinnenfaden in Berührung bleibt, auf 0,1 Sec. se
Es ergiebt sich nämlich die in dem genannten Zeitraume
findende Höhe des Aufsteigens der Luft $= 2y\frac{T}{t}$, worin y

1 Baumgartner's Zeitschrift. Th. II. S. 154.
2 Ebendaselbst. Th. III. S. 49.

Digitized by Google

halbmesser des Brennraumes = 0,125 Zoll bezeichnet, also für
1 Sec. = 0,25 × 60 Zoll und für 1 Sec. = 12,5 Fufs.
Allein diese Geschwindigkeit kann unmöglich eine Folge der-
jenigen Temperatur seyn, welche der Spinnenfaden ohne die-
sen Luftstrom erhalten würde, also der angenommenen 600°,
wenn wäre diese im Spinnenfaden oder der ihn umgebenden
Luft im Brennraume wirklich vorhanden, so würde der Spin-
nenfaden augenblicklich ebenso zerstört werden, als in der weit
unter heifsen Luft über der Flamme einer Weingeistlampe.
Die Geschwindigkeit der Luftströmung kann nur durch die
mögliche Temperaturerhöhung der Luft im Focus bedingt wer-
den, und beträgt also $0{,}5 \times 0{,}00375\ (t - t')\ 2\sqrt{h}$ für Cen-
tesimalgrade[1], oder $0{,}01452375\ (t - t')\ \sqrt{h}$ nach der acht-
theiligen Scale. Behalten wir die angenommenen Gröfsen bei,
ist in Centesimalgraden $t - t' = 12°{,}5$; $h = 2y = 0{,}25$ Zoll
= 0,02083 Fufs, und es beträgt daher die hierdurch erzeugte
Geschwindigkeit nur 0,0262 Fufs, eine verschwindende Gröfse,
die jedoch im Innern eines Fernrohrs wohl kaum erreicht wird.
Dieses Resultat stimmt drittens genau mit einer andern beach-
tenswerthen Thatsache überein. Erzeugt man nämlich mittelst
einer gröfsern Brennlinse einen Focus in einem Zimmer, so
bewegen sich in dem Lichtkegel die Sonnenstäubchen nach
allen Seiten sowohl aufwärts als auch abwärts, je nachdem die
zufällig vorhandene Luftströmung dieses bewirkt. Wenn aber
die Lichtstrahlen die Luft und diese Sonnenstäubchen beträcht-
lich und bis zur Glühhitze erwärmten, so müfste man ein Auf-
steigen der ersteren und ein Zerstörtwerden der letztern be-
merken, was jedoch nicht im Mindesten wahrnehmbar ist.
Endlich aber giebt die Erfahrung einen directen Beweis gegen
die Zulässigkeit der vorliegenden Erklärung, da die Erschei-
nung im luftverdünnten Raume auf gleiche Weise statt findet.
Um dieses darzuthun, spannte ich durch Ankleben mit etwas
Siegellack zwei sich kreuzende Spinnenfäden im obern Theile
einer kleinen Campane aus dünnem, sehr hellem Glase, von
6 Z. Höhe und 2 Z. unterm Durchmesser, aus, exantlirte die
Campane bis zur 400fachen Verdünnung und brachte die Spin-
nenfäden in den Focus der genannten Linse, allein sie wur-
den nicht zerstört, obgleich ein Holzspahn, sowohl vor als auch

1 S. Art. *Heizung*, *Luftheizung*. Bd. V. S. 208.

Digitized by Google

hinter der Campane in den Lichtkegel gehalten, sich e
dete. Hiernach findet also eine Abkühlung durch die
nicht statt, und es kann im Focus der Sonnenstrahlen
nige Glühhitze nicht vorhanden seyn, wie in der
Luft über einer Weingeistlampe, oder wie sie in dem
Körper vorhanden ist, welcher im Focus zum Glühen g
wird.

87) Melloni[1], dessen Urtheil wegen seiner bedeu
Leistungen im Gebiete der Wärmelehre vorzügliche Bea
verdient, verwirft gleichfalls die Erklärung, welche a
Dünne des Spinnenfadens hergenommen ist. Zuerst
er die Behauptung für falsch, dafs dünne Körper in den
mestrahlen weniger erhitzt werden, als dicke, da vielmeh
seinen Versuchen die Erhitzung, wenn man sie nach d
der hintern Fläche abgegebenen, nicht durchgestrahlten
mifst, bei dünnen Körpern stärker, als bei dickern ist.
seiner Ansicht ist in Folge vieler Analogieen die Substa
Spinnenfäden sehr durchgänglich für die strahlende Wärm
überdiefs geht im Allgemeinen die Sonnenwärme leichte
jede andere, durch diathermane Körper. Beide Ursache
sammen scheinen ihm hinreichend, um die Unverbrennl
der Spinnenfäden in den concentrirten Strahlen der So
erklären. Wir müssen hierbei den allgemeinen Satz de
kern Erwärmung kleinerer Massen ganz aus dem Spiele
der sich nur auf dünne Platten bezieht, in denen si
Wärme weniger ausbreiten kann, als in dickern. Wollt
diesen Satz als allgemein gültig betrachten, so würde
Thatsache selbst aufheben, die einmal constatirt ist.
hiervon abgesehn ist die Erklärung unzulänglich und Me
würde sie nicht aufgestellt haben, wenn er die Erscheinu
Ganzen berücksichtigt hätte. Das Phänomen findet nicht
bei Spinnenfäden, sondern auch bei feinen Fäden aus
milack und selbst bei sehr feinen Metalldrähten statt,
wir doch unmöglich insgesammt eine vorzügliche Diather
beilegen können, da sie ohnehin bei dunkeln Fäden von S
lack und schwarzen Haaren gering ist, bei Metalldrähte
gänzlich wegfällt.

88) Zu dem bereits Erwähnten kann ich noch einen

---

1 Poggendorff's Ann. XXXIII. 26.

gestellten interessanten Versuch hinzufügen. An einem hel-
Wintertage, wo die erhitzende Kraft der Sonnenstrahlen
stets schwächer von mir gefunden wurde, als im Som-
, erzeugte ich in einem Ringe aus Messingdraht von etwa
Z. Durchmesser eine sehr dünne und klare Eisscheibe,
ließ diese in etwa 0,75 Z. Abstand vor einen im Focus
genannten Linse befindlichen Holzspahn, so dafs der Licht-
vorher durch das Eisblättchen dringen mufste, ehe er den
erreichte. Hierbei glückte es mir einigemal bei einer
Temperatur von nicht mehr als — 3° C., dafs sich
Spahn früher entzündete, als das Eisscheibchen geschmol-
war. Dieses und andere ähnliche Phänomene erklären sich
leicht aus der grofsen *Diathermanie* des Eises, wel-
die Wärmestrahlen, hauptsächlich die sogenannten leuch-
, zu sehr durchläfst, als dafs es dadurch erhitzt werden

89) Da es sich hier vorzugsweise um die Erzeugung der
auf unserer Erde durch die Sonnenstrahlen handelt, so
die interessanten Versuche von Marcet über das Ver-
des täglichen Wechsels der Temperatur in einiger Er-
und nahe über der Erdoberfläche nicht übergangen wer-
, die eine Frgänzung zu demjenigen liefern, was in dieser
ung früher durch Pictet und Six geschehn und bereits
einem andern Orte[1] erwähnt worden ist. Marcet[2] bediente
zur Erforschung dieses täglichen Wechsels eines Mast-
es von 114 Fufs Höhe, welcher auf einer grofsen Wiese,
von Gebäuden, aufgepflanzt war. An diesem befanden
in Abständen von 10 zu 10 Fufs horizontale Latten, jede
einer Rolle an ihrem Ende, die zum Hinaufziehn und Her-
der Thermometer dienten, deren Kugeln mit schlecht
den Substanzen umgeben waren, um eine Ableitung ihrer
me während des Herablassens zu verhüten. Bei jeder Be-
chtung wurden zugleich der Zustand des Himmels und vorzüglich
Angaben des Aethrioskops und des Hygrometers aufgezeichnet.
Beobachtungen fallen in das Jahr 1837 und in die ersten Mo-

1 S. Art. *Temperatur*. Bd. IX. S. 345.
2 Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Génève. T. VIII. Auszuge in Bibl. univ. Nouv. Sér. T. XV. p. 398. Edinb. New Journ. N. L. p. 353.

Digitized by Google

des Thermometers auf; in der 5ten Minute stellt man das strument hinter einen Schirm so, dafs man am Ende di Minute den Schirm wegnehmen kann, damit die Sonn strahlen direct auf die geschwärzte Scheibe fallen. In durch stetes Umdrehen der Röhre das Wasser in steter wegung gehalten wird, zeichnet man während 5 Minuten Minute zu Minute den Stand des Thermometers auf, b dann den Apparat wieder in seine frühere Stellung und obachtet auf gleiche Weise in den nächsten 5 Minuten Erkaltung. Heifst dann R die Erwärmung, welche das strument während der 5 Minuten in den Sonnenstrahlen genommen hat, r und r′ die Erkaltungen vorher und n her, so ist die durch die Sonnenstrahlen erhaltene Temp turerhöhung t

$$t = R + \frac{r + r'}{2}.$$

Heifst ferner d der Durchmesser des Cylinders *vv* in C metern, p das Gewicht des Wassers in Grammen, p′ das wicht des Gefäfses und des in ihm befindlichen Theiles des T mometers, nach seiner specifischen Wärmecapacität auf W reducirt, so entspricht die beobachtete Temperaturerhöhu einer Wärmemenge $= t(p + p')$, und da diese währe Minuten auf eine Fläche $= \frac{1}{4}\pi d^2$ fiel, so wurde in d Zeit für jede Flächeneinheit

$$\frac{4(p+p')}{\pi d^2} t, \text{ also in 1 Minute } \frac{4(p+p')}{5\pi d^2} t$$

erzeugt. Für das gebrauchte Instrument betrug die in 1 auf einem Quadratcentimeter erhaltene Wärmemenge 0,262

Das *Linsen-Pyrheliometer* hatte bei ähnlicher Ein tung eine Linse von 24 bis 25 Centim. Durchmesser un bis 70 Centim. Brennweite; ihr Brennpunct fiel auf einen linder mit ungefähr 600 Gramm Wasser. Die dadurch e tene Wärme wird durch eine ähnliche Formel berechnet, doch kommt eine Correction für die Verschluckung durch Glas hinzu, die durch Vergleichung mit dem gewöhnl Pyrheliometer erhalten wird. Man mufs den letztern Ap bei stärkerem Winde anwenden, geringe Luftbewegungen ben auf die nur etwa 4 bis 5 Grad über die Umgebun wärmte Wassermasse keinen Einflufs.

91) Die aus mehreren, in einigen auf einander folgenden
n angestellten Beobachtungen erhaltenen Resultate wurden
h Berechnung auf eine gemeinschaftliche Gröfse gebracht.
n war zuerst erforderlich, die Dicke der Atmosphäre = ε
bestimmen, die durch folgende Formel gefunden wird:

$$t = \sqrt{2rh + h^2 + r^2 \text{Cos. } z} - r \text{ Cos. } z,$$

n r den mittleren Erdhalbmesser = 80, h die Höhe der
sphäre = 1 und z die Zenithdistanz der Sonne bezeich-
welche letztere statt directer Messung sich leichter aus der
e, in welche die Mitte des Versuchs fällt, berechnen läfst,
man

$$\text{Cos. } z = \text{Sin. } \nu \text{ Sin. d} + \text{Cos. } \nu \text{ Cos. d Cos. H}$$

worin ν die Breite des Beobachtungsortes, d die Decli-
n der Sonne um Mittag und H den Stundenwinkel zur
des Versuchs bezeichnen. Eine Vergleichung der Tem-
nzunahmen mit den Dicken der Atmosphäre ergab, dafs
esultate sich füglich durch die Formel

$$t = A p^{\varepsilon}$$

llen liefsen, worin A und p zwei Constanten sind. Wur-
liese durch zwei Beobachtungen aus jeder Reihe bestimmt,
ben alle Reihen immer sehr nahe wieder denselben Werth
, aber verschiedene Werthe von p, wonach also A eine
ndige, vom Zustande der Atmosphäre unabhängige, p aber
ach der ungleichen Heiterkeit verschiedene Constante ist.
den Versuchen ist A = 6°,72, p aber variirt zwischen
4 im Juni und 0,7488 im Wintersolstitium. Die hier-
berechneten Werthe stimmten mit den beobachteten genau
n, selbst als z. B. am 4. Mai die durchlaufene Dicke der
sphäre um Mittag 24 Lienes und Abends um 6 Uhr 86
; wobei sich jedoch von selbst versteht, dafs nur bei
nender gleicher Heiterkeit des Himmels für einen ganzen
der nämliche Werth von p in Anwendung kommen kann.
man in der letzten Formel p = 1 und ε = 0, so erhält
t = 6°,72 oder diejenige Wärme, welche erhalten würde,
die Atmosphäre die gesammte Wärmemenge durchliefse
das Pyrheliometer sich an der Grenze der Atmosphäre
de. Diese Gröfse mit der oben gefundenen Zahl 0,2624
plicirt giebt t = 1,7633 als diejenige Wärmemenge, wel-
die Sonne in 1 Minute auf eine Fläche von 1 Quadrat-

Digitized by Google

raumes her, theils aus den mechanischen Bedingungen Gleichgewichts, nach denen die Luft an ihrer Grenze e solchen Kältegrad besitzen mufs, dafs sie ihre Elasticität g lich verliert[1]. Auch Pouillet unterwirft die Gleichgewic bedingungen diathermaner Hüllen einer näheren Untersuch die er dann auf die Wärmeabsorption der Luft und die T peratur des Weltraumes anwendet. Nach ihm sind die sorptionskräfte einer gegebenen elastischen Flüssigkeit, als thermane Substanzen betrachtet, ihrer Masse und Wärmec cität proportional. Nach diesem nämlichen Princip läfst die gesammte Menge der strahlenden Wärme auffinden, we in einer gegebenen Zeit von der Flächeneinheit irgend e atmosphärischen Schicht ansgesandt wird; sie hängt ab der eigenen Temperatur t dieser Schicht, von der Wärmec cität c, der Masse m derselben und von der Constante[2] I

1 Nach einer einfachen Theorie folgt naturgemäfs, dafs Grenze der Atmosphäre mit dem absoluten Nullpuncte zusamme len mufs; denn so lange noch Wärme vorhanden ist, wird diese die Molecüle der Luft abstofsend wirken, und dieses ist auch eig lich Poisson's Ansicht. An der Grenze der Atmosphäre mufs also absolute Nullpunct der Wärme statt finden, weil die Wärme d Anziehung der Erde festgehalten wird, in Gemäfsheit ihrer Repu kraft mit der Entfernung vom Erdkerne, wo sie ihr Maximum h würde, abnimmt, und endlich da ihre Grenze erreicht, wo die M rie, die sie festzuhalten vermöchte, aufhört vorhanden zu seyn. W uns also der absolute Nullpunct der Wärme und das Gesetz der W meabnahme bei zunehmender Höhe bekannt, so könnten wir die H der Atmosphäre genau bestimmen. Dem bekannten Verhalten Wärme zuwider scheint mir aber die Hypothese zu seyn, wonach der grofsen Repulsivkraft, dem Strahlungsvermögen, der Wärme, ungeachtet sie stets von der Sonne und den Himmelskörpern zur E gelangen soll, dennoch zwischen den etwas erwärmten Planeten und die weit wärmere Atmosphäre ein absolut kalter Kugelkreis ge wird, der die Grenze der Atmosphäre bildet.

2 Diese Constante ist aus den Versuchen von Dulong und P über das Erkalten der Körper im leeren Raume entnommen. Dan ist die absolute Wärmemenge e, welche in einer gegebenen Zeit einer gegebenen Fläche eines Körpers strahlt, dessen Temperatur du $t + \Theta$ und Strahlungsvermögen durch f bezeichnet wird, $e = B \cdot f \cdot a^{t+}$ Nimmt man die Zeit = 1 Min. und die Fläche = 1 Quadratcenti ter, so ist B = 1,146. Vergl. §. 244, wo diese Gröfse jedoch = 1, angegeben wird. Pouillet findet diese Gröfse aus der a. a. O. gegebenen Formel, wonach $m \cdot a^{\Theta} = 2{,}037$ ist. Letzterer Werth, seinen Formeln substituirt, giebt B = 1,146, wenig abweichend von 1,1

1,146, wozu noch die unbekannte Gröfse k kommt, welche von der Natur der elastischen Flüssigkeit abhängt. Die Wärmemenge ist dann für die gegebenen Gröfsen

$$B k m c a^t$$

und für eine andere Capacität = c′ und eine Temperatur = t′

$$B k m c' a^{t'}.$$

Denken wir uns demnach einen Ort unter dem Aequator, wo längere Zeit vollkommene Heiterkeit geherrscht hat, so mufs sowohl die mittlere Temperatur des Bodens, als auch die einer jeden darüber befindlichen ungleich hohen Luftschicht constant seyn, indem die erhaltene Wärme stets wieder abgegeben wird. Die von einer unteren Schicht erhaltene Temperatur hängt ab von ihrem eigenthümlichen Absorptionsvermögen und von der Wärme, die ihr sowohl von der Erde, als auch von der Sonne und aus dem Weltraume zuströmt. Eben dieses ist der Fall bei einer höheren Schicht, jedoch wird erstere mehr Wärme von der Erde, letztere mehr von der Sonne und dem Weltraume erhalten, weil beim Durchdringen der Luft allezeit eine gewisse Menge verloren geht. Es läfst sich daher die Menge der von willkürlich höher oder tiefer liegenden Luftschichten aufgenommenen Wärme annähernd berechnen, und man kann sie füglich der Einheit gleich setzen, wenn man nicht solche Schichten nimmt, die der Grenze der Atmosphäre sehr nahe liegen; denn zwei Luftschichten, eine sehr nahe und eine sehr entfernt von der Erdoberfläche sich befindend, absorbiren an einem Tage eine gleiche Menge Wärme, aber da sie beide Alles, was sie empfangen haben, wieder verlieren, so ist klar, dafs sie in der nämlichen Zeit gleiche Wärmemengen verlieren. Hiernach hat man

$$B k m c a^t = B k m c' a^{t'},$$

woraus folgt

$$t - t' = \frac{1}{\text{Log. } a} . \text{Log. } \frac{c'}{c}.$$

Dieses Gesetz, welches einfach das Gesetz der Wärmeabnahme in der Luft unter den Tropen ausdrückt und bis zur Grenze der Atmosphäre gültig zu seyn scheint, mufs durch das Experiment bestätigt werden.

93) Man weifs aus den Untersuchungen von Laplace und Poisson, dafs die Wärmecapacitäten elastischer Flüssig-

Digitized by Google

keiten in einem gewissen Verhältnifs stehen, welches durch Formel

$$\frac{c'}{c} = \left(\frac{p}{p'}\right)^{1-\frac{1}{k}}$$

ausgedrückt wird, die für trockne Luft

$$\frac{c'}{c} = \left(\frac{p}{p'}\right)^{\frac{8}{77}}$$

giebt, wie die genauen Versuche von Gay-Lussac und Wi ter beweisen, die sich auf Drucke von 144 Millim. bis 14 Millim. und auf Temperaturen von 40° bis — 20° C. i strecken, so dafs hiermit schon die Wärmecapacitäten bis zu der gesammten Luftschichten sich berechnen lassen, obgle es wünschenswerth wäre, jene Versuche noch bis auf Tem raturen von — 60° oder — 80° C. auszudehnen. Nimmt n aber vorläufig an, dafs diese Formel von Poisson bis zu 0 des atmosphärischen Druckes gültig sey, so ergiebt sich, d die Temperatur einer Luftschicht von diesem Drucke 163° unter der mittleren Temperatur der die Erde berührend Schicht liege, und da letztere 27° C. beträgt, so mufs j = — 136° C. seyn. Berechnet man die Temperaturen v 100 Schichten, deren jede um 0,01 des atmosphärischen Druc weniger zusammengedrückt ist, so erhält man annähernd mittlere Temperatur der Luftsäule = — 8° C., welche d jenige ist, vermöge welcher die ganze Luftsäule strahlen Wärme aussendet. Nach dieser Formel würde die Abnah der Wärme 1° C. für eine Erhebung von 225 Meter betrag statt dafs v. Humboldt 200 Meter fand, was nicht sehr v einander abweicht[1].

94) Ein am Erdboden der nächtlichen Strahlung aus setztes Thermometer empfängt Wärme aus dem Weltrau und aus der Atmosphäre; von der ersteren gelangen jede nur 0,3 bis 0,4 zum Thermometer, wenn sich dieses nicht sehr hohen Bergen befindet; die letztere ist das Ergebnifs Strahlung der einzelnen concentrischen Schichten vom Meer spiegel bis zur Grenze der Atmosphäre und demnach abhän von der Wärmevertheilung in der ganzen Höhe der atmosph

1 Ueber diese stets sehr unsichere Bestimmung vergl. E Bd. III. S. 1008. *Höhenmessung.* Bd. V. S. 311. *Temperatur.* Bd. S. 849.

Digitized by Google

rischen Säule. Wie auch das Verhältnifs der Intensität dieser beiden Quellen seyn mag, so kann man sich beide in einer Hülle vereint denken, die, mit einem Maximum des Emissionsvermögens versehen, genau so viele Wärme dem Thermometer zusenden müfste, als beide genannte Quellen, der Weltraum und die Atmosphäre. Eine solche imaginäre Hülle nennt Pouillet *Zenithalhülle* und ihre Temperatur *Zenithaltemperatur*; sie ist für jeden besonderen Ort und für jede Zeit veränderlich, weil sie von einer stets gleichmäfsig wirkenden Ursache, der Temperatur des Weltraumes, und einer veränderlichen, der Temperatur der Luftschichten, abhängt. Dieses vorausgesetzt sey z die Zenithaltemperatur und wie oben t′ die Temperatur des Weltraumes, t″ die mittlere der atmosphärischen Säule, b und b′ das von der Atmosphäre auf die Wärme der Erde und die Wärme des Himmelsraumes ausgeübte Absorptionsvermögen; man bedenke ferner,

α) dafs die Zenithalhülle in der Zeiteinheit von der Flächeneinheit eine Wärmemenge $= B a^z$ aussendet, worin B die angegebene Constante 1,146 bezeichnet, das Strahlungsvermögen aber = 1 angenommen wird,

β) dafs die Atmosphäre eine Wärmemenge $= B b a^{t''}$ aussendet, weil ihr Emissionsvermögen ihrem durch b bezeichneten Absorptionsvermögen gleich ist,

γ) dafs der Weltraum eine Wärmemenge $= B a^{t'}$ aussendet, wovon jedoch nur der Antheil $(1 - b')$ die Atmosphäre durchdringt und zum Thermometer gelangt, wonach also das Emissionsvermögen des Weltraums in Beziehung auf das Thermometer $= (1 - b')$ gesetzt und die vom Weltraume ausgesendete Wärme durch $(1 - b') B a^{t'}$ ausgedrückt werden kann. Hiernach erhält man also

$$B a^z = B b a^{t''} + (1 - b') B a^{t'}$$

oder

$$a^z = b a^{t''} + (1 - b') a^{t'},$$

wodurch die allgemeine Relation gegeben wird, welche die Zenithaltemperatur stets verknüpft mit der Temperatur des Weltraumes, mit der mittleren veränderlichen der Luftsäule und den beiden ungleichen Absorptionskräften der Atmosphäre.

95) Um die Zenithaltemperatur in jedem Augenblicke der Nacht ebenso, wie die Lufttemperatur zu beobachten, wendet

Digitized by Google

Pouillet theils Spiegel, theils ein von ihm erfundenes *A*
nometer an, welches von dem durch Herschel angegebe
wesentlich abweicht und eigentlich *Aethrioskop* genannt w
den müfste, sofern seine Bestimmung ist, die nächtliche Strahl
zu messen, aber auch den ihm gegebenen Namen inso
verdient, als man die Strahlung des Planetenraumes, so wie
der Sonne, damit messen kann. Die Spiegel vereinigen
seinen Erfahrungen die Strahlen nicht im Brennpuncte, kön
daher durch hohle Kegel oder blofse Reflectoren ersetzt w
den, die weit bequemer sind; inzwischen hält Pouillet d
Versuche überhaupt für delicat und die Formeln für verwic
weil sie die wirkliche Temperatur der Luft und das Verhäl
der Erkaltung, die aus ihrem Contacte entspringt, zu
welches aus der Strahlung hervorgeht, enthalten, wobei
einige Ungewifsheit unmöglich vermeiden läfst. Das *Akt*
Fig. *meter* besteht aus 4 Ringen von 2 Decimeter im Durchme
41. mit Schwanenflaum so ausgefüllt, dafs sie nicht zusamme
drückt werden, indem die Haut des Schwans den Boden bi
Dieses System steht in einem ersten Cylinder c von Silberbl
welcher gleichfalls mit Schwanenhaut umhüllt und von ei
zweiten weiteren Cylinder c′ eingeschlossen ist. Auf der M
der oberen Flaumen ruhet die Kugel eines empfindlichen T
mometers, der Rand aber steht so weit über, dafs nur
Drittheile der hohlen Himmelshalbkugel übersehn werden,
ist in der Ebene der Flaumen mit Löchern versehn, damit
kalte Luft abfliefse. Richtet man diesen Apparat, dessen
tere Construction aus der Figur ersichtlich ist, während
Nacht gegen den heiteren Himmel, und beobachtet man
Stunde zu Stunde sein Thermometer und ein anderes, 4
über dem Boden frei in der Luft hängendes, so giebt der
terschied beider ein Mittel, die Zenithaltemperatur zu fin
wozu aber eine eigene Graduirung gehört. Hätte nämlich
Aktinometer eine unbegrenzte Oberfläche und befände es
im Vacuum unter einer hemisphärischen Hülle von const
Temperatur, so würde es die Temperatur derselben annehm
da es aber nur zwei Drittheile der Himmelshemisphäre üb
sieht, und sich in einer Luftumgebung befindet, die es erwä
so wird seine Temperatur stets die der Hülle übertreffen.
Graduation bezweckt daher, aus seiner Temperatur und der
umgebenden Luft die der Hülle zu entnehmen, mit welche

ahlende Wärme austauscht. Um das einfache Verhältnifs
ser Gröfsen aufzufinden, verfertigte POUILLET einen künstli-
n Himmel aus einem Gefäfse von 1 Met. Durchmesser, wel-
s in 2 Met. Höhe von drei dünnen Stäbchen gehalten
rde. Das Gefäfs war am Boden geschwärzt und mit einer
— 20° erkältenden Mischung gefüllt; das Aktinometer stand
recht in solchen Abständen darunter, dafs das Thermometer
h einander ein Viertel, ein Drittel und zwei Drittel der
ugel übersah. In jeder Lage wurde das Temperaturgleich-
cht abgewartet und der Stand beider Thermometer aufge-
hnet. Auf gleiche Weise wurde bei einer Erkaltung des
fses bis 0° und den zwischenliegenden Temperaturen ver-
en, und dieses führte zu folgendem Resultate: *Wenn man*
der Temperatur der Umgebung $\frac{3}{4}$ des Sinkens des Akti-
nators abzieht, so findet man die Temperatur des künst-
en Himmels. Dieses Gesetz auf die Wärme des Himmels
ewandt giebt

$$z = t - \tfrac{3}{4} d,$$

n t die beobachtete Lufttemperatur und d das Sinken des
nometers bezeichnet, als die erforderliche Graduation.

Viele in heiteren und windstillen Nächten angestellte Ver-
hreihen bestätigten, dafs die Zenithaltemperatur fast wie die
peratur der umgebenden Luft sinkt, welches vom Unter-
ge bis zum Aufgange der Sonne statt findend zu einer wich-
n Folgerung führt. Es ist nämlich gezeigt worden, dafs die
thaltemperatur von zwei Bedingungen abhängt, der constanten
peratur des Himmelsraumes und der veränderlichen mittle-
der Luftsäule. Da sich nun die Zenithaltemperatur in ei-
Nacht bedeutend ändert, so folgt hieraus, dafs ihre con-
te Gröfse nur einen sehr kleinen Werth hat in Bezug auf
veränderliche, und dafs daher die Wärme des Weltraumes
sehr klein ist verglichen mit der von der Strahlung der
osphäre herrührenden.

96) Um die Wärme des Himmelsraumes zu finden, geht
LLET von einer anderen Grundlage aus. Unter der äqua-
chen Zone kann die Oberfläche der Erde, die sie bedeckende
t mit inbegriffen, als ein Cylinder betrachtet werden, dessen
de Grundflächen die Wendekreise bilden und dessen Hälfte
n durch die Sonne beschienen wird. Dieser Cylinder em-
ngt in jedem Augenblicke alle die Wärme, welche auf das

Digitized by Google

Rectangel seiner Projection fällt, dessen Oberfläche = 2rh und er erhält daher in jeder Minute eine Wärmemenge = 1,7 × 2rh. Da aber diese Wärme auf die ganze Seitenfl oder auf $2\pi rh$ vertheilt ist, so empfängt jede Einheit nur

$$\frac{1{,}7633}{\pi} = 0{,}56$$

als die Menge der Sonnenwärme, die in jeder Minute täg auf jedes Quadratcentimeter der Aequatorialzone fällt. Gle zeitig ist auch die Himmelswärme thätig, und wenn die u kannte Temperatur des Himmelsraumes durch t′ bezeic wird, so folgt, dafs die von einem Quadratcentimeter in 1 nute aufgenommene Wärmemenge = $Ba^{t'}$ ist. Diesem beträgt die Menge der aufgenommenen Wärme

$$Ba^{t'} + 0{,}56.$$

Es können aber die vereinten Wirkungen des Himmelra und der Sonne durch eine einzige Hülle mit Maximum-E sionsvermögen ersetzt werden, und wenn die unbekannte T peratur dieser Hülle v heifst, so erhält man

$$Ba^{v} = Ba^{t'} + 0{,}56.$$

Diese Temperatur v mufs eine solche seyn, dafs sie an Oberfläche der Erde in der tropischen Zone die mittlere T peratur von 27°,5 erzeugt. Der Ueberschufs der Tempe einer Kugel über die einer ihn einschliefsenden Hülle läfst aus der Formel[1]

$$a^{t-t'} = \frac{2 - b'}{2 - b}$$

ableiten, worin t die Temperatur der Kugel und t′ die Hülle bezeichnet. Da aber hier der Werth von t gegeben so hat man

$$a^{27{,}5 - v} = \frac{2 - b'}{2 - b}.$$

Nimmt man den hieraus hervorgehenden Werth von v setzt man für B seinen Werth = 1,146, so erhält man

1 Der Kürze halber habe ich übergangen mitzutheilen, wie Pou zu dieser Gleichung gelangt, indem er sich eine Kugel von einer dia manen Hülle, und diese wieder durch eine Sphäre umgeben de es wird aber hier genügen zu bemerken, dafs b das Absorptions mögen bezeichnet, welches die diathermane Hülle gegen die von Kugel ausströmende Wärme, und b dasjenige, welches dieselbe g die von der einschliefsenden Sphäre ausströmende Wärme ausübt.

Digitized by Google

$$a^t = 1{,}235\,\frac{2 - b}{2 - b''},$$

da die Versuche mit den Sonnenstrahlen im Mittel $b' = 0{,}35$ geben, so erhält man die Endgleichung

$$a^{t'} = 1{,}008 - 0{,}748\,b,$$

worin nur zwei unbekannte Gröfsen sind, t' die Temperatur des Weltraumes und b das Absorptionsvermögen, welches die Atmosphäre auf die irdische Wärme ausübt. Der gröfste Werth von b giebt die geringste Wärme des Weltraumes, und da b nicht gröfser als 1 seyn kann, so kann auch die Temperatur des Weltraumes nicht gröfser als — 175° C. seyn. Für $b' = 0{,}3$ würde man haben — 187° und für $b' = 0{,}4$ blofs — 164°. Ist dieser geringste Werth von t' einmal gefunden, so ist es nicht schwer, auch den gröfsten zu finden, welcher dem kleinstmöglichen Werthe von b entspricht, und da dieser nicht kleiner als 0,8 seyn kann, so ist die Wärme des Raumes nicht gröfser als — 115°. Zur genaueren Bestimmung des zwischen diesen beiden Grenzen liegenden mehr genäherten Werthes würden viele Versuche unter den verschiedensten Breiten und in ungleichen Höhen erforderlich seyn; inzwischen geben die von Pouillet angestellten schon eine sehr wahrscheinliche Annäherung, nämlich — 142° C., welche einem Werthe von $b = 0{,}9$ zugehört.

97) Als Endresultat dieser Untersuchungen ergiebt sich also, dafs die Sonne der Erde eine Temperatur $= 1^{\circ},7633$ für eine Minute und ein Quadratcentimeter Fläche mittheilt, dafs bei vollkommener Heiterkeit die Atmosphäre hiervon 0,4 dieser Wärme und der Wärme des Raumes entzieht, von der durch die Erde gegebenen aber 0,9, und dafs die Temperatur des Weltraumes gegenwärtig — 142° C. beträgt. Pouillet glaubt, dafs mittelst noch geeigneterer Apparate und durch anhaltende neue Versuche manche der angegebenen Gröfsen richtiger bestimmt werden könnten. Scheint es gleich, als ob die verschiedenen Regionen des Himmels, die nach einander durch das Zenith gehen, gleiche Wärmemengen ausstrahlen, so ist doch wahrscheinlich, dafs dieses nur aus der Unvollkommenheit unserer Instrumente folgt, denn die Gruppirung der Sterne ist so ungleich, dafs nothwendig die verschiedenen Hemisphären der scheinbaren Himmelskugel auch ungleiche Wärmemengen geben

müssen. Zu Untersuchungen dieses Problems würde sich äquatorische Zone am besten eignen.

98) Weitere Folgerungen, welche aus diesen Untersuchungen hervorgehn, sind, dafs die Menge der Wärme, welche der Himmelsraum der Erde und der Atmosphäre zusendet, hinreichend seyn würde, während eines Jahres eine Eisdecke von 31 Meter Dicke zu schmelzen, die von der Sonne herkommende vermag aber eine solche von 31 Meter Dicke zu schmelzen, und die Summe beider giebt also die Schmelzung einer Eisdecke von 57 Meter Dicke. Die Wärme, welche vom Himmelsraume kommt, beträgt also $\frac{5}{6}$ der von der Sonne kommenden. Unter den Tropen beträgt die Wärme des Himmelsraumes nur $\frac{2}{3}$ soviel als die der Sonne, denn daselbst wird die letztere durch eine schmelzende Eisschicht von 39 Meter Dicke dargestellt. Pouillet meint, es müsse auffallen, dafs der Himmelsraum bei einer Temperatur von — 142° der Erde beinahe ebenso viel Wärme zusende, als die Sonne; man müsse bedenken, dafs in Beziehung auf die Erde die Sonne nur den 5millionsten Theil des Himmelsgewölbes einnehme und daher 200000mal mehr Wärme hergeben müsse, um den gleichen Effect hervorzubringen. Von einer andern Seite betrachtet scheint vielmehr der Einfluss der Sonne noch zu hoch angegeben; denn ohne diesen würde die überall gleichmäfsige Temperatur des Bodens — 89° seyn, und da die mittlere Temperatur unter dem Aequator 27°,5 beträgt, so wird diese durch die Sonne um 116°,5 erhöhet. Auf gleiche Weise würde ohne den Einfluss der Sonne die mittlere Temperatur der Luft unter dem Aequator — 149° seyn, und da sie nach den Fo — 10° gefunden worden ist, so wird sie durch die Sonne um erhöht. Pouillet bemerkt ferner, dafs diese Resultate beträchtend von denen abweichen, die Poisson gefunden hat, indem er die mit der Tiefe zunehmende Bodentemperatur mit in Rechnung brachte, glaubt aber, dafs beide Methoden mehr übereinstimmende Resultate geben würden, wenn man den bedeutenden Einfluss der Atmosphäre auf eine mehr directe Weise mit in die Formeln aufnehmen könnte. Wollte man endlich den Calcül auf Gegenden unter höheren Breiten anwenden, so müsste man zugleich die mit der Breite abnehmende Bodentemperatur mit berücksichtigen; es sey aber leicht zu übersehen, dafs die Winde die Temperatur der Polarzonen merklich erhöhen

Digitized by Google

Kalb die geschlachtete Thiere erhält, wenig verändert; | Kälber, Schafe
Schafe, Ziegen, Schweine, die Ziegen, Hasen, Kaninchen.

Schweine verändert. Ist seine Verwandtschaft so | Hasen,
nahe, daß sie sich mit einander begatten, so entstehen Kaninchen.
Bastarde, die sich nicht fortpflanzen können. Ein Bastard ist z. B. das Maulthier, welches aus der Vermischung des Pferdes mit dem Esel entsteht, sich aber nicht weiter fortpflanzt. Ein Bastard ist auch der Mensch, der aus der Vermischung des Weißen mit dem Neger entsteht, und sich wieder mit Weißen begattet, diese wieder mit den Weißen, bis endlich die Farbe des Negers ganz verschwindet. Ein Bastard ist auch der Mensch, der aus der Vermischung des Weißen mit dem Indianer entsteht, und sich wieder mit Weißen begattet, bis endlich die Farbe des Indianers verschwindet. Ein Bastard ist auch der Mensch, der aus der Vermischung des Negers mit dem Indianer entsteht, und sich wieder mit Negern begattet, bis endlich die Farbe des Indianers verschwindet. Ein Bastard ist auch der Mensch, der aus der Vermischung des Weißen mit dem Neger und Indianer entsteht, und sich wieder mit Weißen begattet, bis endlich die Farbe des Negers und Indianers verschwindet. Ein Bastard ist auch der Mensch, der aus der Vermischung des Weißen mit dem Neger und Indianer entsteht, und sich wieder mit Negern und Indianern begattet, bis endlich die Farbe des Weißen verschwindet. Ein Bastard ist auch der Mensch, der aus der Vermischung des Weißen mit dem Neger und Indianer entsteht, und sich wieder mit Weißen und Indianern begattet, bis endlich die Farbe des Negers verschwindet. Ein Bastard ist auch der Mensch, der aus der Vermischung des Weißen mit dem Neger und Indianer entsteht, und sich wieder mit Weißen und Negern begattet, bis endlich die Farbe des Indianers verschwindet. Ein Bastard ist auch der Mensch, der aus der Vermischung des Weißen mit dem Neger und Indianer entsteht, und sich wieder mit Weißen und Negern und Indianern begattet, bis endlich die Farbe des Weißen verschwindet. Ein Bastard ist auch der Mensch, der aus der Vermischung des Weißen mit dem Neger und Indianer entsteht, und sich wieder mit Weißen und Negern und Indianern begattet, bis endlich die Farbe des Negers und

von diesem gleichzeitig wieder zur Erde strömt. Ist diese Voraussetzung an sich ganz unbegründet, so wir noch obendrein ganz naturwidrig, wenn zugleich die G unserer Atmosphäre bis zum absoluten Nullpuncte kalt soll, obgleich nicht blofs die Wärme der Sonne und des V raumes, sondern auch die von der Erde strahlende unaufh durch sie strömt; denn genau genommen heifst dieses nicht deres, als: in der unsere Atmosphäre begrenzenden Sphäre is Wärme vorhanden, aber es ist auch keine vorhanden; vo den mufs sie seyn, weil sie hindurchströmt, sie ist aber vorhanden, weil sie sonst den Lufttheilchen Expansion gebe damit die Grenze der Atmosphäre weiter rücken würde. Schwäche dieser Hypothese stellt sich immer mehr h wenn man sie von verschiedenen Seiten beleuchtet. Das Theilchen des Lichtäthers, welches in einem gegebenen mente den Sehnerv unseres Auges afficirt, war nicht vor fähr 8,5 Minuten noch bei der Sonne, sondern so wie da dem Schenkel einer tönenden Stimmgabel in Berührung b liche Lufttheilchen seinen Ort nicht verläfst, und dennoch jenige, welches unser Gehörorgan berührt, gegen letztere brirt, ebenso verläfst auch das bei dem leuchtenden K namentlich der Sonne, befindliche Molecül des Licht seine Stelle nicht, wohl aber gelangt die durch den Lich fortgehende Undulation zum Nerv des Auges. Nehmen eine Emission als Grund der Wärmestrahlung an, so müfs von der Sonne ausströmende Wärmemolecül muthmafslich gleicher Geschwindigkeit, als womit die Lichtundulat fortschreiten, die ungeheuren Himmelsräume durchströmen. lange hierbei das Licht als Vehikel dient, könnte man leichter, wiewohl auf keine Weise deutlich, hierin die kende Ursache einer solchen Bewegung gegeben denken, bei der nächtlichen Strahlung fällt dieses Hülfsmittel Wir dürfen aber bei dieser letzteren, sofern die Wärme unserer Erde sich erhebt, einen Umstand nicht übersehen, cher auf keinen Fall gänzlich unberücksichtigt bleiben nämlich die gemeine Fortpflanzung durch Leitung oder se däre Strahlung und durch Luftbewegung. Man betrachtet gesammten Wärmeverlust blofs als Wirkung der Strahlung lein die später zu erwähnenden Versuche von Dulong Petit über Wärmestrahlung zeigen evident, dafs bei der

Digitized by Google

Gebet bei Tod des Gatten; Gebet, wenn er sich auf Reisen begiebt; Gebet, wenn er heimkehrt; Gebet für Kinder; Gebet, wenn sie sich aufs Lernen begeben; Gebet, wenn sie heimkehren; Gebet für Kranke; Gebet für Sterbende; Gebet für Verstorbene; Gebet für Feinde; Gebet für Gefangene; Gebet für Reisende; Gebet für Schiffende; Gebet für Ackerleute; Gebet für Hirten; Gebet für Jäger; Gebet für Fischer; Gebet für Kaufleute; Gebet für Handwerksleute; Gebet für Bergleute; Gebet für Soldaten; Gebet für Obrigkeit; Gebet für Unterthanen; Gebet für Lehrer; Gebet für Schüler; Gebet für Gelehrte; Gebet für Künstler; Gebet für Ärzte; Gebet für Wundärzte; Gebet für Apotheker; Gebet für Bäcker; Gebet für Köche; Gebet für Kellermeister; Gebet für Schenkwirthe; Gebet für Barbiere; Gebet für Schneider; Gebet für Schuhmacher; Gebet für Gerber; Gebet für Weber; Gebet für Müller; Gebet für Schmiede; Gebet für Zimmerleute; Gebet für Maurer; Gebet für Glaser; Gebet für Töpfer; Gebet für Bildhauer; Gebet für Maler; Gebet für Goldschmiede; Gebet für Kupferschmiede; Gebet für Zinngießer; Gebet für Buchdrucker; Gebet für Buchbinder; Gebet für Kürschner; Gebet für Seiler; Gebet für Bürstenbinder; Gebet für Seifensieder; Gebet für Lichtzieher; Gebet für Wagner; Gebet für Stellmacher; Gebet für Böttcher; Gebet für Sattler; Gebet für Tischler; Gebet für Drechsler; Gebet für Schlosser; Gebet für Uhrmacher; Gebet für Instrumentenmacher; Gebet für Gärtner; Gebet für Bienenzüchter; Gebet für Fischzüchter; Gebet für Jagdhunde; Gebet für Hausthiere; Gebet für Wetter; Gebet für Ernte; Gebet für Theuerung; Gebet für Krieg; Gebet für Pest; Gebet für Feuersbrunst; Gebet für Wasserfluth; Gebet für Erdbeben; Gebet für Hagelschlag; Gebet für Mißwachs; Gebet für Viehseuche; Gebet für Hungersnoth; Gebet für Wasserarmuth; Gebet für Heuschrecken; Gebet für Ungeziefer; Gebet für Mäuse; Gebet für Ratten; Gebet für Maulwürfe; Gebet für Feldmäuse; Gebet für Hausmäuse; Gebet für Wasserratten; Gebet für Feldratten; Gebet für Haus

fand, dafs die mittelst eines Spiegels 360mal concent
Mondstrahlen keine Wärme verursachten. Im Widers
hiermit will Howard[1] gefunden haben, dafs die mit
13zolligen Hohlspiegel aufgefangenen und concentrirten M
strahlen das Differentialthermometer allerdings afficiren, e
will auch Watt[2] einen erwärmenden Einflufs der Str
nicht sowohl des Vollmonds, als noch mehr der Phasen
selben, auf seinen Apparat wahrgenommen haben. Im W
spruche hiermit beobachteten Pictet und Prevost[3] vie
eine Erkaltung und leiteten diese Ersterer von den hö
kälteren Luftschichten, Letzterer von der Wärmestrahlu
Auf jeden Fall ist die erwärmende Kraft des Mondes s
ring, dafs man dieselbe wohl nie durch Versuche, die
anderweitige unvermeidliche Einflüsse bedingt sind, mit S
heit auszumitteln im Stande seyn wird; denn wenn
möglich wäre, so würden sicher Nobili und Melloni
ihren feinen Instrumenten ein anderes, als ein negatives Resul
halten haben. Mit gröfster Genauigkeit und wohl nicht lei
übertreffender Feinheit der angewandten Instrumente hat e
auch Forbes[5] die Beantwortung dieser lange streitigen
versucht. Hierzu bediente er sich nicht nur eines sehr
Thermomultiplicators, sondern concentrirte auch die St
durch eine 30 Zoll im Durchmesser haltende Polygonallin
Soleil in Paris bis zum 6000fachen, so dafs, wenn die
für Reflexion, Absorption und Dispersion abgerechnet
stets noch eine 3000fache Concentration übrig bleibt.
die Messungen einzeln zu beschreiben, wird es genügen z
merken, dafs er nicht den kleinsten erwärmenden Effe
Mondstrahlen wahrzunehmen vermochte. Wird dieses p
Grenze der Feinheit zusammengenommen, bis zu welch
Anzeigen seines Apparates reichten, so führt dieses zu de
sultate, dafs die directen Mondstrahlen nicht ein Dreima
derttausendstel eines hunderttheiligen Thermometergrades V

---

1 Silliman Amer. Journ. of Sc. T. II. p. 329.
2 Edinburgh New Phil. Journ. N. IX. p. 325.
3 Biblioth. univ. T. XIX. p. 85.
4 Poggendorff's Ann. XXVII. 449.
5 On the Refraction and Polarisation of Heat. p. 7. In Phil. Tr. T. XIII.

Digitized by Google

zu erzeugen vermögen, wonach also dieses Problem wohl für immer als entschieden zu betrachten seyn dürfte.

Wärmeerzeugung durch Zusammendrückung und Reibung.

Ein zweites, sehr bekanntes Mittel der Wärmeerzeugung ist die Zusammendrückung fester und expansibeler Körper, das Biegen, Biegen, Zerreiben der Metalle und Hölzer, das Pressen von Münzen und Medaillen, das Schleifen, Reiben, Klopfen und die ganze Summe dieser ähnlichen Processe. Um die verschiedenen hierher gehörigen Erscheinungen, wovon nur die bedeutendsten Erwähnung verdienen, gehörig zu sondern, wollen wir zuerst die starren Körper berücksichtigen.

101) Werden *starre Körper*, im Gegensatze der tropfbar-elastisch-flüssigen, gedrückt oder gerieben, so erfolgt stets Erwärmung. Dieses fühlt man sofort, wenn man einen hölzernen Stab, einen Metalldraht oder selbst ein Band, ein Seil, einen Faden u. s. w. schnell durch die Hand zieht. Maschinentheile erhitzen sich, ebenso Wagenaxen beim schnellen Fahren, wenn ihre Flächen nicht in Folge geeigneter Schmiere leicht an einander hingleiten. Ein Beispiel dieser Art zeigt die Geschichte eines Dampfschiffes, welche neu gemacht war und sich durch die Bewegung glatt reiben sollte, dabei aber bis zum Rothglühen erhitzt wurde und mit mehreren aufgegossenen Kübeln Wassers wieder abgekühlt werden mufste. Wird ein hartes Holz auf einer Drehbank schnell umgedrehet und ein weiches dagegen gedrückt, so tritt Verkohlung beider ein, es entwickelt sich Rauch und der Geruch verräth beginnende Verbrennung; jedoch ist es unmöglich oder mindestens sehr schwierig, auf diese Weise eine Entzündung hervorzubringen oder Feuer anzumachen, weil die erhitzten und zuletzt wirklich verkohlten Theile stets abgerieben werden. Weit praktischer für diesen Zweck sind die Methoden der wilden Völker, durch die-selben Mittel Feuer anzuzünden, dessen sie sich in Ermangelung besserer bequemeren Vorrichtungen zu diesem Zwecke ausschliefslich bedienen[1]. Einige Wilde in Brasilien, namentlich die Botocudos, nehmen hierzu zwei getrocknete Holzstäbchen, unge-

1 Kotzebue's Reise. Th. II. S. 78. Th. III. S. 154. Bennbel's Reise. Th. II.

fähr einen Finger dick, das eine versehen sie mit Vertiefun
dem andern geben sie eine Spitze, stecken letzteres in
hohle Rohr eines Pfeiles, stemmen die Spitze in eine der V
tiefungen und drehen das obere Ende schnell, wie einen Q
zwischen den Händen, wodurch Schabsel in der Grube ents
Dieses wird erst braun und fällt zum Theil herab, zuletzt
entzündet es sich und wird zur brennenden Kohle[1]. A
liche Stäbe sah Campbell[2] bei den Betschuanen in A
die sich derselben als eines gewöhnlichen Feuerzeuges bed
ten. Auch die Neuholländer in King-George's Port ma
dadurch Feuer an, dafs sie zwei Hölzer an einander reiben
eine Verkohlung und zuletzt eine wirkliche Entzündung
steht[3], nicht minder die Bewohner von Tahaity, welche
eine der Hölzer gegen die Brust stemmen und mit dessen
terem Ende in dem zweiten eine Furche erzeugen, worin
feine abgeriebene Holztheilchen sammeln, die sich durch st
Reiben erhitzen und endlich entzünden[4]. Sehr lange bek
ist, dafs sich die Araber gleichfalls dieses Mittels bedienen
denen die gebrauchten Hölzer eigne Namen haben, *M*
und *Aphar*, auch beide zusammen *Zabdan* (die Reiber)[5].
endlich diese Methode auch den Alten bekannt war un
sich derselben bedienten, unterliegt nach glaubhaften Zeugn
keinem Zweifel[6]. Es ist daher die grofse Hitze gar nicht
bewundern, welche die Hemmschuhe annahmen, wenn si
Blackfriar's Brücke unter den Rädern schwerer Lastwagen
schleift wurden[7]. Hierher gehört auch die Methode,
röhren oder Stäbe abzusprengen, indem man einen Bind
um sie schlingt und diesen durch Bewegung der Röhre
an ihnen reibt, sie dadurch partiell erhitzt und dann auch
durch einen Wassertropfen abkühlt, denn wenn der durch
Harpune getroffene Wallfisch sich schnell in die Tiefe s
und das über den Bord des Kahnes gleitende Seil mit g
Geschwindigkeit nach sich zieht, so mufs diese Stelle stets mit

---

1 Eschwege Journal von Brasilien. Weim. 1818. Ht. I. S. 1
2 Reise in Africa. Weim. 1823. S. 87.
3 Dumont d'Urville Voyage.
4 Kotzebue Neue Reise um die Welt. Weim. 1830. S. 118.
5 J. D. Michaelis verm. Schriften. S. 97.
6 Plinius H. Nat. Lib. XVI. cap. 40.
7 Ann. of Philos. N. S. T. VII. p. 142.

Digitized by Google

Gründe wurden dann diese Forderungen zurück- als Aufrechnungsmittel verwendet werden können. Dies ist nicht der Fall, wenn der Gläubiger, welcher die Forderung in Händen hat, seine Schuld nicht bezahlt hat, sondern sich durch Aufrechnung mit seiner Forderung an dem Pfande befriedigt. Dies ist auch dann nicht der Fall, wenn der Gläubiger, welcher die Forderung in Händen hat, seine Schuld bezahlt hat, aber nicht in der Absicht, um sich durch Aufrechnung an dem Pfande zu befriedigen, sondern weil er sich durch Zahlung der Schuld die Forderung sichern will. Dies ist der Fall, wenn der Schuldner, welcher die Forderung pfandweise in Händen hat, sie dem Gläubiger, welcher sie ihm verpfändet hat, zurückgibt, ohne sich an dem Pfande befriedigt zu haben.

Ist der Schuldner, welcher die Forderung in Händen hat, ein anderer Pfandgläubiger, so ist er nicht berechtigt, sich durch Aufrechnung an dem Pfande zu befriedigen, wenn er sich nicht vorher mit dem Gläubiger, welcher ihm die Forderung verpfändet hat, darüber verständigt hat. Dies ist der Fall, wenn der Schuldner, welcher die Forderung in Händen hat, sich mit dem Gläubiger, welcher ihm die Forderung verpfändet hat, darüber verständigt hat, daß er sich durch Aufrechnung an dem Pfande befriedigen wolle. Dies ist auch dann der Fall, wenn der Schuldner, welcher die Forderung in Händen hat, sich mit dem Gläubiger, welcher ihm die Forderung verpfändet hat, darüber verständigt hat, daß er sich durch Aufrechnung an dem Pfande befriedigen wolle, wenn der Gläubiger, welcher ihm die Forderung verpfändet hat, seine Schuld nicht bezahlt hat.

Ist der Schuldner, welcher die Forderung in Händen hat, ein anderer Pfandgläubiger, so ist er nicht berechtigt, sich durch Aufrechnung an dem Pfande zu befriedigen, wenn er sich nicht vorher mit dem Gläubiger, welcher ihm die Forderung verpfändet hat, darüber verständigt hat. Dies ist der Fall, wenn der Schuldner, welcher die Forderung in Händen hat, sich mit dem Gläubiger, welcher ihm die Forderung verpfändet hat, darüber verständigt hat, daß er sich durch Aufrechnung an dem Pfande befriedigen wolle. Dies ist auch dann der Fall, wenn der Schuldner, welcher die Forderung in Händen hat, sich mit dem Gläubiger, welcher ihm die Forderung verpfändet hat, darüber verständigt hat, daß er sich durch Aufrechnung an dem Pfande befriedigen wolle, wenn der Gläubiger, welcher ihm die Forderung verpfändet hat, seine Schuld nicht bezahlt hat.

Ist der Schuldner, welcher die Forderung in Händen hat, ein anderer Pfandgläubiger, so ist er nicht berechtigt, sich durch Aufrechnung an dem Pfande zu befriedigen, wenn er sich nicht vorher mit dem Gläubiger, welcher ihm die Forderung verpfändet hat, darüber verständigt hat. Dies ist der Fall, wenn der Schuldner, welcher die Forderung in Händen hat, sich mit dem Gläubiger, welcher ihm die Forderung verpfändet hat, darüber verständigt hat, daß er sich durch Aufrechnung an dem Pfande befriedigen wolle. Dies ist auch dann der Fall, wenn der Schuldner, welcher die Forderung in Händen hat, sich mit dem Gläubiger, welcher ihm die Forderung verpfändet hat, darüber verständigt hat, daß er sich durch Aufrechnung an dem Pfande befriedigen wolle, wenn der Gläubiger, welcher ihm die Forderung verpfändet hat, seine Schuld nicht bezahlt hat.

Ist der Schuldner, welcher die Forderung in Händen hat, ein anderer Pfandgläubiger, so ist er nicht berechtigt, sich durch Aufrechnung an dem Pfande zu befriedigen, wenn er sich nicht vorher mit dem Gläubiger, welcher ihm die Forderung verpfändet hat, darüber verständigt hat. Dies ist der Fall, wenn der Schuldner, welcher die Forderung in Händen hat, sich mit dem Gläubiger, welcher ihm die Forderung verpfändet hat, darüber verständigt hat, daß er sich durch Aufrechnung an dem Pfande befriedigen wolle. Dies ist auch dann der Fall, wenn der Schuldner, welcher die Forderung in Händen hat, sich mit dem Gläubiger, welcher ihm die Forderung verpfändet hat, darüber verständigt hat, daß er sich durch Aufrechnung an dem Pfande befriedigen wolle, wenn der Gläubiger, welcher ihm die Forderung verpfändet hat, seine Schuld nicht bezahlt hat.

Metallscheiben, warf sie dann sogleich in Wasser und bestim aus dessen Temperaturzunahme die Menge der erzeugten Wä Es ergab sich hieraus, dafs selbst durch starke Pressung weitem nicht so grofse Hitze, als durch Reiben erzeugt v und dafs die erhaltene Quantität bei fortgesetzten Pressu des nämlichen Stückes abnimmt, vermuthlich bis zum gä chen Verschwinden. So betrug die Wärmevermehrung zwei Stücken Kupfer

beim ersten Stofse	1. Stück	9°,69
	2. Stück	11,56
beim zweiten Stofse	1. Stück	4,06
	2. Stück	2,50
beim dritten Stofse	1. Stück	1,06
	2. Stück	0,81

im Ganzen also beim ersten Stücke 14°,81, beim zweiten 14° bei beiden also bis zur unvermeidlichen Fehlergrenze glei viel. Nicht ganz so genaue Gleichheit gaben zwei Stücke ber, nämlich 8°,19 und 6°,37 C. Hiernach gab aufser Kupfer mehr Wärme als Silber und dieses mehr als G Uebereinstimmend hiermit wurde das spec. Gewicht der Me durch das Pressen ungleich vermehrt, beim Golde von 19,2 zu 19,2357; beim Silber von 10,4667 zu 10,4838; beim K pfer von 8,8529 zu 8,9081. Bertholllet schliefst hier dafs die erhaltene Wärme eine Folge verminderter Wärme pacität der Körper sey. Wird Eisen oder Stahl auf ein Sandsteine stark geschliffen, so reifsen sich kleine Stückchen Metalles los und verbrennen beim Fortfliegen durch Aufnah von Sauerstoffgas aus der Luft in Folge der starken Erhitzu die in den kleinen Stückchen vorzugsweise gesteigert wir Diesem ähnlich sind die Funken des Stahls beim gewöhnlich Feuerschlagen, indem dann gleichfalls die feinen abgerisse Stahltheilchen in der Luft verbrennen. Hiernach können di Splitter im luftleeren Raume nicht zum Verbrennen komm und daher auch das Schiefspulver nicht entzünden, denn o gleich sie einen bedeutenden Grad von Wärme erhalten, werden sie doch, ehe sie das Schiefspulver erreichen, zu s

1 Auch beim Schleifen des Glases, besonders auf trocknen St nen, bemerkt man Lichtfunken und Lichtscheine, die aber eine Fol der Phosphorescenz seyn dürften.

d by Google

gekühlt, als dafs sie dasselbe entzünden könnten. Nach Davy's[1] Versuchen könnte man übrigens schliefsen, dafs sie auch durch das blofse Abschlagen bis zur Glühhitze gebracht würden, weil sie auch im Vacuum einen Lichtschein verbreiten; es ist jedoch wahrscheinlich, dafs dieser blofs Folge des Phosphorescirens des Quarzes sey, denn die schärfsten Feuersteine geben ihn am stärksten, bei Schwefelkiesen dagegen, wenn diese den Feuerstein ersetzen, fehlt derselbe. Nicht blofs diesen Lichtschein, sondern selbst leuchtende Funken geben auch zwei an einander geschlagene Feuersteine oder Quarzstücke, ungeachtet dabei kein brennlicher Körper vorhanden ist. Die abgerissenen, auf weifsem Papiere aufgefangenen, kleinen Stückchen erscheinen schwarz beschlagen, was man davon ableitet, dafs sie beim Glühen die in der Luft vorhandenen brennbaren Theilchen verbrennen sollen; allein da sich die Funken auch beim Zusammenschlagen unter Wasser zeigen[2], so kann hierin die Ursache nicht liegen, sondern die Schwärzung ist vielleicht aus optischen Gründen zu erklären. Dafs übrigens auch hierbei grofse Hitze erzeugt werde, ist nicht zu bezweifeln, da die Einwohner auf Unalaschka Feuer anzünden sollen, indem sie die Funken der an einander geschlagenen Quarzstücke, die vorher mit Schwefel bestrichen sind, in trocknem Grase auffangen[3].

103) Der Theorie nach sollte man schliefsen, dafs auf gleiche Weise, als durch Zusammendrückung fester Körper Wärme entwickelt wird, durch ihre Ausdehnung Kälte entstehen müsse, und das Verhalten expansibeler Flüssigkeiten unterstützt diesen Schlufs; dennoch aber zeigt die Erfahrung das Gegentheil. Werden Stangen, Drähte u. s. w. schnell zerbrochen, wenn man insbesondere einen Eisendraht durch schnelles Hin- und Zurückbiegen zum Abreifsen bringt, so entsteht allezeit Wärme, und namentlich zeigen sich die abgerissenen Enden eines Eisendrahtes unter geeigneten Bedingungen durch Hitze blau angelaufen. Legt man einen Streifen Federharz an die Lippe oder an einen empfindlichen Theil des Gesichts und reifst man ihn durch plötzliches Anziehen seiner beiden Enden

1 Bibliothèque Brit. T. XXII. p. 335.

2 Bern. Scholz Anfangsgründe d. Physik. 3. Aufl. Wien 1827. S. 504.

3 Billing's Expédition dans le Nord de la Russie. Par Sauer. p. 159.

stark aus, so wird Wärme empfunden[1]. Inzwischen ist di
Verhalten den Naturgesetzen keineswegs zuwider. Durch
che Ausdehnungen wird auf jeden Fall eine Reibung der Th
an einander bewirkt, weswegen auch Barlow[2] die beim
reifsen der Eisendrähte entstehende Wärme aus einer Reib
der inneren Theile ableitet; allein aufserdem ist die Aus
nung, absolut genommen, nur scheinbar, indem zwar eine
längerung der Körper, keineswegs aber eine allgemeine grö
Entfernung ihrer Molecüle eintritt; überhaupt aber ist di
Procefs, in Beziehung auf das stabile Gleichgewicht der M
cularkräfte betrachtet, ein sehr zusammengesetzter, insofern
durch Gewichte beschwerter Draht sich ausdehnt, also an Gr
seines Querschnittes abnimmt, aber dennoch der ihn zum
reifsen bringenden Kraft einen stets zunehmenden Widers
entgegensetzt[3].

104) Aufser diesen zahlreichen Erfahrungen über Wär
entwickelung durch Reiben giebt es noch eine Menge für w
senschaftliche Zwecke angestellte Versuche. Zu den bereits
wähnten von Rumford[4] und Davy gehören vorzüglich n
die von Pictet[5] angestellten, welcher die durch Reiben
zeugte Wärme aus einer Zersetzung der Luft ableiten wo
weil er die vom Stahle abgerissenen Partikeln im luftlee
Raume nicht so verbrannt sah, als im lufterfüllten. Er rich
daher einen Apparat so ein, dafs kleine Schalen sich durch
Uhrwerk gedrehet an verschiedenen Substanzen mit ungleic
Geschwindigkeit rieben, ein Thermometer aber, welches in
Vertiefung der Schälchen hinabreichte, ohne deren Fläche
berühren, das Mafs der erzeugten Wärme angab, und da

---

1 Thomson System cet. T. IV. p. 197.

2 Annals of Philos. T. X. p. 311.

3 Lagerhjelm bemerkt, dafs sich Wärme aus abgerissenen Ei
stangen entwickelt, und dennoch geht ihr spec. Gewicht von 7,821
7,777 herunter, wonach also keine Vermehrung der Dichtigkeit s
findet. Berzelius Jahresbericht Th. VIII. S. 77. Vergl. Ann. de Chim
Phys. T. XXXVI. p. 384. Die Verminderung des spec. Gew. wü
wohl zweifelsohne noch gröfser seyn, wenn alle Theile durch die m
chanische Gewalt mehr von einander entfernt und nicht auch ein
genähert würden.

4 Vollständig mitgetheilt nebst Zeichnungen der gebrauchte
Apparate in Scherer's Journ. Th. I. S. 1.

5 Versuch über das Feuer. Tüb. 1790. Cap. 9. S. 184.

Digitized by Google

ganze Vorrichtung sich unter den Recipienten einer Luftpumpe
ten liefs, so konnte der Einfluſs der Luft bequem dadurch
gemittelt werden. Hierbei sah PICTET, als eine Schale von
hl an einem Stück Corund gerieben wurde, in der Luft ein
tes Funkensprühen, in 84mal verdünnter Luft aber nur im
keln einen phosphorischen Schein; das Thermometer zeigte
e Wärme. Als aber bei einem zweiten Versuche eine Mes-
schale an Messing gerieben und die Thermometerkugel tie-
in die Schale hinabgedrückt wurde, stieg das Thermometer
der Luft erst nach beendigter Reibung, in 28mal verdünn-
Luft aber schon während des Reibens. Als Messing an
gerieben wurde, stieg das Thermometer höher, und noch
r, als Holz sich an Holz rieb, mehr aber im luftver-
ten, als im lufterfüllten Raume. Weit stärkere Ent-
ckelung von Wärme zeigte sich, als die Schale nicht selbst
ben wurde, aber etwas Baumwolle enthielt, die sich
hr oder minder stark an der Thermometerkugel selbst rieb,
stets war im luftverdünnten Raume die Wärme am
sten.

105) HALDAT[1] beabsichtigte, die durch RUMFORD ange-
ten Versuche unter veränderten Bedingungen und mit ver-
denen Modificationen zu wiederholen, weswegen auch die
iebenen Körper in seinem Apparate eine gewisse Quantität
ser erwärmten. Inzwischen gesteht er selbst, dafs die
se Dunkelheit, welche diese Aufgabe umhüllt, durch seine
uchungen keineswegs aufgehellet worden sey, obgleich sie aller-
gs dazu dienen, die Thatsachen genauer festzustellen. Vor allen
gen bestätigen sie die unerwartet grofse Menge von Wärme,
che durch Reibung entwickelt wird und sehr von der Be-
ffenheit der geriebenen Körper abhängt, aber nicht von
er Dichtigkeit, denn Blei gab weniger Wärme als Zink.
gegen ist die Zunahme des Druckes von grofsem Einfluſs;
der Erwarten aber gab feilenartig rauh gemachter Stahl, auf
pfer gerieben, obwohl eine beträchtliche Menge vom letzte-
Metalle abgerieben wurde, kaum halb so viel Wärme, als
hl mit schlichter Oberfläche, und ebenso gab das Plattschla-

1 Journal de Physique. T. LXV. p. 213. Nicholson's Journ. T. XVI. p. 30. Vergl. §. 14., wo diese Versuche bereits erwähnt worden sind.

Digitized by Google

gen eines Drahtes mit einem Hammer weniger Wärme, al einfache Reiben. Haldat wirft die Frage auf, warum Metalle, wenn sie beim Zusammendrücken viele Wärme ihren Poren?) hergeben, diese bei ihrer Wiederausdeh nicht wieder verschlucken? Die Erfahrung ist dagegen, i gerade das elastischere Zink die gröfsere Hitze erzeugte, dann bliebe die grofse Menge der durch blofses ben hervorgerufenen Wärme immer noch durchaus räthse (§. 14).

106) An diese Versuche lassen sich zunächst die J. Morosi[1] anreihen, welcher gleichfalls einen hölzernen linder an verschiedenen Metallen reiben liefs und die Wasser dadurch mitgetheilte Wärme mafs. Da die abs Menge des angewandten Wassers nicht angegeben ist, sind die erhaltenen Resultate nur unter sich vergleichbar. H aus ergiebt sich dann, dafs Holz an verschiedenen Met gerieben unter gleichen Bedingungen fast gleiche Mengen Wärme giebt, Blei aber auffallend mehr als die übrigen, S mehr als Eisen. Im Ganzen folgten die Metalle vom ergie sten zum mindest ergiebigen in folgender Ordnung: Blei, Z Stahl, Messing, Kupfer, Eisen, Zinn. Durch Vermehrung Druckes von 2 ℔. zu 4 ℔. wuchs die Wärmeerzeugung a schen 1 zu 1,15 bis 1 zu 1,52.

107) Die neuesten beachtenswerthen Versuche über bung sind durch Becquerel[2] angestellt worden, welcher n blofs die geringsten Wärmeerzeugungen aufzufinden strebte sich dazu einer thermoelektrischen Säule bediente, die 0°,01 noch eine merkliche Abweichung der Magnetnadel sondern auch das gleichzeitige elektrische Verhalten der ge benen Körper zu bestimmen suchte. Diesemnach befestigt die geriebenen Körper an isolirenden Glasstangen und pr dann zugleich die erzeugte Wärme und Elektricität. besserer Vergleichung war die Dauer und Stärke der Reib jederzeit gleich. Von welcher Art die geriebenen Körper s

---

1 Poggendorff's Ann. XII. 195. Entnommen aus Bullet. univ. Sciences, Sect. 1. T. V. p. 86. Ursprünglich beschrieben in: Al Sperimenti cet. Milano 1822. 4. Vergl. Biblioth. univ. T. X p. 91.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. LXX. p. 324. Edinb. New Phil. Jo N. L. p. 868. Vergl. l'Inst. VI. Ann. N. 248. p. 319.

Digitized by Google

chten, so erreichte die Nadel, wenn ihre Abweichung nicht über
0 Grade betrug, stets in 10 Sec. ihr Maximum, betrug sie
n 60 bis 75 Grade, in 9,5 Sec., betrug sie aber von 75 bis
0 Grade, in 9 Secunden. Becquerel betrachtet hiernach die
cillationen der Magnetnadel wie Pendelschwingungen, mit
n Unterschiede, dafs bei der Wirkung der Schwere die
ern Oscillationen einer längern, hier aber einer kürzern
t zugehören. Werden zwei Körper mit ungleichen Ober-
chen an einander gerieben, so erhält mit zunehmender Stärke
schnellerer Reibung[1] die rauhe Fläche die gröfste Wärme,
B. wenn zwei Glasscheiben, die eine mit polirter, die an-
e mit mattgeschliffener Fläche an einander gerieben werden,
zeigt die mattgeschliffene mehr Wärme; ebenso zwei Kork-
chen, deren eine rauh, die andere glatt ist. Bei ungle-
n Körpern ist die Sache verwickelter, z. B. polirtes Glas
Kork gab Wärme im Verhältnifs von 34 zu 5 des ersteren
n letzteren, mattgeschliffenes Glas an Kork von 40 zu 7;
ber und Kork von 50 zu 12; Federharz und Kork von 29
11. Ein allgemeines Gesetz läfst sich daher nicht aufstel-
, weil sowohl die Natur der Substanz, als auch die Be-
ffenheit der Oberfläche Einfluſs haben.

108) Rücksichtlich der Theorie dieser Erscheinungen geht
Becquerel von der unter den Gelehrten, namentlich den fran-
schen, gangbaren und wohl allein richtigen Ansicht aus,
s die Wärme, als repulsives Princip, unter dem Einflusse
r Attraction der Molecüle steht, an sich aber und gegen ihre
nen Molecüle repulsiv wirkt, daher durch alles dasjenige
gt werden mufs, was das stabile Gleichgewicht der Mole-
e gegebener Körper afficirt. Als Beispiel führt er an, dafs
e Zusammensetzung aus 1 Th. Eisen und 2 Th. Antimon
lt eine Menge Funken giebt, also eine ähnliche Erschei-
g zeigt, als das Feuerzeug. Zugleich aber sucht er die
e mit in das Gebiet der Elektricität zu ziehn, weil die
hrung zeigt, dafs die Veränderung der Lage der Molecüle
wohl Wärme, als auch Elektricität frei werden läfst. Zwi-
n beiden mufs daher nach seiner Ansicht ein Zusammen-
g statt finden; aber es ist schwer, diesen aufzufinden, na-

---

1 Nach Monoss wächst die erzeugte Wärmemenge weniger durch
rmehrte Schnelligkeit der Reibung, als durch verstärkten Druck.

mentlich sofern man noch nicht weifs, welches von beiden andern vorausgeht. Vermuthlich entspringt aber, wie er m die Wärme aus der Elektricität, wenn beide Körper von cher Natur, schlechte Wärmeleiter und blofs durch die schaffenheit ihrer Oberflächen verschieden sind, wobei dann sich am stärksten erhitzende Oberfläche negative Elektri annimmt. Bei ungleichen Körpern hält Becquerel die Best mung für sehr schwierig, was übrigens ein sehr gewicht Argument gegen die Zulässigkeit der Hypothese ist, die im Fall ihrer Richtigkeit den verschieden modificirten Phä menen leicht müfste anpassen lassen. Einige Aufklärung gl er aus der Phosphorescenz der Körper entnehmen zu kön sofern alle Ursachen, welche diese erzeugen, auch Elektri hervorrufen sollen. Man dürfe demnach die Phosphores von einer unendlichen Menge kleiner elektrischer Funken leiten, welche die Molecüle der Körper geben. Dieses auch aus Ehrenberg's Versuchen hervor, welcher aus phosphorescirenden Seethierchen lauter kleine Fünkchen springen sah. Hiermit wird der Umstand in Verbindung bracht, dafs das Leuchten als bedingt durch die Willkür Thierchen erscheint, wenn sie gereizt werden, analog den e trischen Schlägen der Fische. Becquerel dehnt dieses so aus, dafs nach Berzelius und Andern das Licht beim brennen der Körper das Resultat einer unendlichen Menge werdender elektrischer Funken seyn soll. Hiernach wäre die Elektricität, die Wärme und das Licht aus einer gem schaftlichen Quelle, einem gewissen Aether, abzuleiten. dürfte sich indefs kaum der Mühe lohnen, die vielen A mente aufzuzählen, welche dieser Hypothese entgegenst denn so leicht es auch ist, die drei Inponderabilien, die i Wesenheit nach grofse Aehnlichkeit mit einander haben m sen, gleichartig zu nennen, weil die Erscheinungen, die uns darbieten, viel zu zahlreich sind, als dafs eine solche pothese nicht durch einige scheinbare Analogieen unterst werden könnte, so wird doch dadurch gar nichts gewon weil uns noch keiner von diesen ätherischen Stoffen seiner gentlichen Beschaffenheit nach bekannt ist und daher bei nem Erklärungsversuche dieser Art allezeit ein dunkles Et auf ein nicht minder dunkles zurückgeführt wird. Auf der dern Seite aber wachsen die Schwierigkeiten bedeutend, in

Digitized by Google

nicht blofs die Erscheinungen, welche eine jede dieser ätheri-
schen Flüssigkeiten zeigt, auf allgemeine Gesetze zurückzu-
führen sind, sondern dann noch obendrein die bedeutend he-
terogenen Aeufserungen derselben, wie sie sich bei allen dreien
unverkennbar herausstellen, ein einziges allgemeines Princip als
gemeinschaftliche Grundlage erfordern. Namentlich dürfte es
auch kaum möglich seyn, den unverkennbaren Unterschied der
positiven und negativen Elektricität mit den einfachen Undula-
tionen des Lichtäthers zu vereinigen. Wie leicht es übrigens
ist, solche Hypothesen mit einigem Scheine hinzustellen, da-
für giebt unter andern T. Graham[1] ein auffallendes Beispiel.
Ihm ist die Wärme entweder im Zustande mit starker Kraft
stattfindener Bewegung als strahlend vorhanden, oder im Zu-
stande des Gebundenseyns als Oberflächenwärme (*superficial heat*).
Durch Reiben soll die letztere in die erstere verwandelt wer-
den, wobei zugleich noch andere aus der Umgebung zufliefst.
Durch Anhäufung oder Mangel dieser Oberflächenwärme sollen dann
zugleich die elektrischen Erscheinungen hervorgerufen werden.

109) Es dürfte bei weitem nicht so schwierig seyn, als
man bisher geglaubt hat, die Wärmeerzeugung durch Reiben,
Schlagen und Pressen fester Körper zu erklären, sobald man
sich erlaubt, die oben aufgestellte Hypothese von den Undula-
tionen des Wärmeäthers darauf anzuwenden, und diese gewinnt
augenbar an Wahrscheinlichkeit um so mehr, je leichter sich
durch ihr die verschiedensten Wärmephänomene der Erklärung
fügen. Die grofse Schwierigkeit, woher die grofse Menge der
erzeugten Wärme ihren Ursprung nehme, fällt hiernach von
selbst weg, und ist ebenso nichtig, als wenn man sich abmühen
wollte, den Ursprung und die Ursache der mechanischen Be-
wegung der als neu hinzukommend betrachteten Luftmassen
zu finden, welche bei erzeugtem Schalle massive Mauern er-
beben machen. Ebenso wird auch bei den genannten Processen
die Wärme der erhitzten Körper nicht direct vermehrt, wohl
aber in Undulationen versetzt, und zwar nicht blofs die des ei-
getriebenen Körpers, sondern beider, obgleich nach ihrer
gewöhnlichen Beschaffenheit in ungleicher Stärke. Diese
Undulationen theilen sich den benachbarten Körpern mit, de-
nen Wärmestoff dann gleichfalls an diesen Schwingungen Theil

[1] New Annals of Phil. T. XII. p. 260. Ed.

nimmt, weswegen die vermeintliche Wärmequelle eine u
schöpfliche seyn mufs. Diese Erklärung läfst sich übrigens
Thatsachen noch genauer anpassen, und Becquerel war al
dings auf dem richtigen Wege, als er die Wärmeerzeug
durch Reiben auf das stabile Gleichgewicht der Molecularkr
zurückzuführen suchte. Wir dürfen bei diesen, wie be
vielen andern Erscheinungen, von dem unbestreitbaren Ha
satze als einer sichern Grundlage ausgehn, dafs die Mole
der Körper durch den Conflict der Attractions- und Re
sionskraft im stabilen Gleichgewichte gehalten werden, und
diese Repulsivkraft, wenn sie nicht lediglich durch den W
mestoff gegeben wird, doch sehr von ihm abhängt, sofern
ser, mit Abstofsung seiner Elemente versehn, durch die M
cüle der Körper angezogen, zugleich aber auch, unter ge
neten Bedingungen, von ihnen wieder getrennt wird. Hi
folgt von selbst, dafs alles, was die Attraction der Mol
afficirt, auch auf die abstofsende Wärme einen Einfluss h
und nach der Natur expansibeler Flüssigkeiten den Wärme
ebenso in schwingende Bewegung setzen mufs, als der
eines festen Körpers gegen ruhende Lufttheilchen die sich
pflanzenden Undulationen in dieser elastischen Flüssigkei
zeugt. Die Schallwellen, deren genauere Kenntnifs u
grofsen Vorschub bei der Erklärung der optischen Erschei
gen geleistet hat, können uns auch zur klarern und richt
Einsicht der Wärmephänomene verhelfen. Sobald feste K
einander bis auf verschwindende Entfernung genähert we
was wir Berührung nennen, so mufs zwischen den sich
rührenden Theilchen die Anziehungskraft thätig und da
schon von selbst die durch sie im Gleichgewicht gehaltene re
wirkende Wärme afficirt werden. Die somit erzeugten
dulationen des Wärmeäthers müfsten sich sofort durch
gesammte Masse der Körper fortpflanzen, wenn nicht
Wärme durch ihre Anziehung gegen die Molecüle der K
zu sehr gebunden wäre; an der Grenze der berührenden
chen ist aber diese Anziehung weit schwächer, und die Sch
gungen treten daher nicht blofs leichter ein, sondern, verb
sich auch von hier aus in das Innere der Körper, wen
Bedingungen hierzu günstig sind. Wird daher ein fester
per gestofsen, geschlagen oder zusammengedrückt, so tret
Oscillationen seines Wärmestoffes momentan ein. Am

lichsten zeigt Nettelbeck's erwähnte Erfahrung und die von Billings erzählte Methode des Feuerschlagens auf Unalaschka die momentane Wärmeentbindung, welche den leicht entzündlichen Schwefel zum Brennen bringt, wohin auch das Feuerschlagen im Allgemeinen gehört. Ungeachtet dieser momentan großen Hitze giebt aber die Compression aus leicht begreiflichen Gründen nicht so viel Wärme, als das Reiben, wie auch nothwendig daraus folgt, dafs eben beim Reiben die Attraction zwischen den sich berührenden Theilchen beider Körper in jedem verschwindend kleinen Zeitmomente eingeleitet und wieder aufgehoben wird, wodurch dann die Vibrationen des der Attractionskraft entgegenwirkenden Wärmestoffs nothwendig bedingt werden. Sofern aber die durch Reiben erzeugte Wärme das Resultat der Undulationen des Wärmeäthers ist, welcher zunächst den Oberflächen der geriebenen Körper zugehört, die sich dann zunehmend weiter in das Innere derselben fortpflanzen, bleibt es fraglich, ob eben in Folge dieser Wellenbewegung der Wärmestoff sich aus den entferntern Theilen der Körper dahin zieht, wo diese Vibrationen statt finden, wozu allerdings einiger Grund vorhanden ist. Uebrigens zeigt die Möglichkeit, diese Frage bestimmt zu beantworten, dafs die Theorie der Wärme auch bei der Annahme von Wellenbewegungen eines Wärmeäthers noch immer in Dunkel gehüllt sey, vorzüglich wenn man berücksichtigt, dafs die durch Reiben erzeugte Wärme den Körpern bleibend inhärirt.

110) *Tropfbare Flüssigkeiten* widerstehn jeder zusammendrückenden Gewalt so sehr, dafs ihr Volumen selbst durch einen Druck nur wenig vermindert und zugleich keine meßbare Quantität Wärme erzeugt wird[1]. Die, so viel mir bekannt, noch nicht aufgefundene Ursache dieser Abweichung von der allgemeinen Regel dürfte darin zu suchen seyn, dafs sie bei flüssigen Körpern das stabile Gleichgewicht beider Kräfte auf eine eigenthümliche Weise statt findet, indem bei ihnen die repulsiv wirkende Wärme in einem hohen Grade

1 S. Colladon und Sturm in Ann. de Chim. et Phys. T. XXXVI, 235. Vergl. *Schall.* Bd. VIII. S. 489. Die dort erwähnten Versuche sind entscheidend, und die erzeugte Wärme mufs ausnehmend gering seyn, obgleich Desaignes sie wahrgenommen und gemessen haben will. S. Ann. de Chim. et Phys. T. XX. p. 141.

Digitized by Google

angehäuft ist, sofern jedes Molecül sich in jeder Lage zu
umgebenden im Gleichgewichte befindet. Jeder angewa
Druck wirkt daher nicht auf einzelne Molecüle, um sie
angrenzenden mehr zu nähern, wodurch dann, indem
Kräfte ihr Gleichgewicht wieder herzustellen streben, die W
meoscillationen entstehn, sondern der Druck pflanzt sich d
die gesammte Masse gleichmäfsig fort und die Gegenwirk
der unendlich vielen, gleichzeitig in Conflict kommenden
lecüle macht eine stärkere Annäherung derselben und
Ausscheiden von Wärme unmöglich. Wird ihnen dag
ein Theil Wärme entzogen, so dafs hierdurch die Mol
einander näher kommen, so nehmen sie eine andere gege
tige Lage an und Wärme wird frei. Dieses zeigt sich i
haupt bei allen Erscheinungen des *Gestehns* oder *Gefrie*
und insbesondere auch beim Coaguliren des Blutes. Le
Thatsache ist schwer zu ermitteln; denn da beim Versuch
Wärme des Blutes die der Umgebung übertrifft, so hinde
allmälige Abkühlung sehr die Genauigkeit der feinen Me
gen. Inzwischen giebt schon Fourcroy[1] an, dafs das
stehn des Ochsenblutes 5° Wärme erzeugt habe. Hun
gelangte durch seine Versuche mit Blute von einer Tau
einem gleichen Resultate; am entscheidensten aber sind di
fahrungen von Gordon[3]. Als das Blut aus der Arterie
Hundes, in einem Becher aufgefangen, an der Oberfläch
coaguliren anfing, wurde mit einem empfindlichen Therm
ter jedesmal eine Minute lang zuerst die Temperatur des
coagulirenden und dann des untern Theiles gemessen
Temperatur des Zimmers war 7°,8 C. Im obern Theile
das Thermometer 34°, im untern sank es bis 30°,5; wied
die Höhe gehoben stieg es bis 33°,5 und sank unten bis
abermals in die Höhe gehoben stieg es bis 32° und sank
ten bis 28°,8; bei der nächsten Erhebung stieg es bis 31
ging unten bis 28°,5 herab. Nach 18,5 Minuten seit
Auffangen des Blutes zeigte es oben 25°,5, unten 24°,
dann in 2 Minuten auch oben bis 24° herab, und im d
aus coagulirten Blute war die Temperatur überall gleich.

---

1 Annales de Chimie. T. VII. p. 147.
2 Treatise on blood cet. 4. p. 47.
3 Annals of Philos. T. IV. p. 139.

Digitized by Google

einem spätern Versuche, als Gordon Venenblut eines an Pneumonie leidenden Mannes in einem länglichen Glase aufgefangen hatte, zeigte nach mehrern Minuten, als oben ein Coagulum gebildet war, das mit seiner Kugel den Boden des Glases berührende Thermometer 22°,8 C., stieg aber sofort auf 23°,5, als die Kugel in das Coagulum gehoben wurde, und fiel an die erste Stelle zurückgebracht wieder bis 22°,8 zurück[1].

111) Dafs die *Compression der Gase* nicht blofs Wärme, sondern sogar Hitze bis zum Erglühen erzeuge, ist gegenwärtig eine ganz bekannte Sache, indefs scheint Dalton[2] der erste gewesen zu seyn, welcher diese Erscheinung einer nähern Untersuchung unterwarf; wenigstens finde ich diese Wärmequelle von dem fleifsigen Sammler Gehler nicht angegeben[3]; Dalton dagegen bewies nicht blofs die Erhöhung der Temperatur durch Compression der Luft, sondern auch ihre Verminderung durch Verdünnung derselben, welches beides man zwar früher wohl wahrgenommen, aber für eine Folge des veränderlichen Luftdruckes auf das Thermometer gehalten hatte. Seinen ersten entscheidenden Versuche des englischen Gelehrten, welche ausführlicher mitzutheilen jetzt überflüssig seyn würde, folgten sehr bald andere bestätigende herbei. Dahin gehören die interessanten von de la Rive und Marcet[4]. Läfst man Luft gegen ein empfindliches Thermometer in einem grofsen luftleeren Recipienten durch ein feines Rohr Luft strömen, so sinkt dasselbe, bis die Elasticität der Luft 4 Zoll Barometerhöhe erreicht, bleibt dann stationär, bis zu 6 Z. Barometerhöhe, und steigt demnächst bedeutend. Die Wirkung ist der Luftcapacität und dem Grade der Compression der hineingelassenen Luft proportional, auch kann man leicht eine grofse Kälte hierdurch hervorbringen, wenn man die hineingelassene Luft allezeit wieder wegschafft. Die Ursache liegt of-

---

1 Von sonstigen Wärmeentbindungen dieser Art wird im Abschnitt *latente Wärme* weiter die Rede seyn.

2 Mem. of the Soc. of Manchester. T. V. p. 515. G. XIV. 101.

3 Schon Boerhave in Elem. Chem. T. II. p. 480 sagt, die zusammengedrückte Luft gebe Wärme von sich, wie ein nasser Schwamm sein Wasser. Es ist mir aber nicht bekannt, dafs man später dieses Problem weiter verfolgt habe.

4 Bibl. univ. T. XXII. p. 276.

Digitized by Google

fenbar darin, dafs die anfangs hineingelassene Luft sich a dehnt und hierzu Wärme bedarf. Auch Tilloch[1] na wahr, dafs durch beträchtliche Zusammendrückung der L Wärme und durch ihre Verdünnung Kälte erzeugt wu Gay-Lussac[2] benutzte nach Dalton's Aeufserung die h durch erzeugte Erhöhung und Verminderung der Temper bei seiner classischen Untersuchung der Wärmecapacität Luft unter verschiedenem Drucke, das Problem der Wärm zeugung durch Compression aber wurde bedeutend erweitert unerwartet weit über die erforderliche Grenze hinaus best durch die Erfindung des *Tachopyrion* oder *pneumatis Feuerzeugs*, wovon bereits oben[3] ausführlicher die Rede Es möge daher hier nur nachträglich bemerkt werden, dafs sogenannten *briquets pneumatiques* zuerst durch Dumotier lang und von 2 Lin. innerem Durchmesser verfertigt wurd Le Bouvier-Desmortier aber verfertigte sie aus Glas, entdeckte dann den Nebel, welcher in denselben beim sch len Comprimiren der Luft entsteht und den er für freien W mestoff hält[5]. Als er nachher fand, dafs die Luft durch kes Comprimiren ohne Schwamm und unter Wasser, um gen das Entweichen eines Theiles derselben gesichert zu an Volumen verringert werde, glaubte er hierin eine Be gung seiner Hypothese vom Entweichen der Wärme zu den[6]. Nach Thénard's[7] Versuchen wird jede Gasart im chopyrion durch Comprimiren erhitzt, und die erzeugte W übersteigt 205° C., das Leuchten aber, welches blofs bei wesenheit von Sauerstoffgas oder Chlor statt findet, halt e eine Folge davon, dafs sich etwas Wasser und Salzsäure

---

1 Philos. Magaz. T. VIII. p. 216.

2 Mém. de Phys. et Chim. de la Soc. d'Arcueil. T. I. p Gehlen N. Journ. Th. VI. S. 392.

3 S. Art. *Feuerzeug*. Bd. IV. S. 232. Mollet machte dasse J. 1803 zu Paris bekannt, s. Journ. de Phys. T. LVIII. p. 457, behauptet Pictet in Bibl. brit. 1803. Juli p. 331, dafs ein ge Fletcher in England schon anderthalb Jahre fruher durch Com sion der Luft Entzündung hervorgebracht habe.

4 Journ. de Phys. T. LXII. p. 189.

5 Ebendaselbst T. LXVII. p. 130.

6 Ebend. T. LXVIII.

7 Ann. de Chim. et Phys. T. XLIV. p. 181.

Digitized by Google

, und es soll daher selbst bei Anwesenheit von Sauerstoffgas bleiben, wenn der Embolus sehr nafs ist. Holz und Papier zünden sich über 252° C., wenn die Compression so stark dafs die Luft 260 Centimeter Quecksilberhöhe zu tragen mag, und diefs ist nach ihm eine Folge davon, dafs sich das erstoffgas oder Chlor (letzteres nur mit Papier, welches s weniges Oel enthält) mit der verbrennlichen Substanz nden kann.

112) Die starke Erwärmung durch Luftcompression hat verschiedentlich zur Erklärung der Hitze benutzt, welche Meteorsteine bei ihrem Eintritt in die Atmosphäre aus der primirten Luft annehmen sollen, inzwischen ist die Unhaltbar- dieser Hypothese bereits nachgewiesen worden[1]. Auch die len der Alten[2], worin vom Erhitzen des geschleuderten Bleies Rede ist, die durch Biot und Prevost aufgesucht worden [3], dürfen als Erzeugnisse der dichterischen Phantasie wohl t zu Beweisen physikalischer Thatsachen dienen. Auffal- mufs dabei, dafs allezeit nur von Blei, nie aber von an- geworfenen Körpern die Rede ist. Uebrigens wollen ezeugen beim Aufschlagen der Kanonenkugeln, namentlich dürren Boden, aufsteigenden Rauch und eine Verkohlung getroffenen Grases wahrgenommen haben, was man aller- s von der Compression der Luft, wo nicht der vegetabili- e Substanzen selbst, ableiten könnte, allein zuvor müfste die Thatsache genau constatirt seyn, da der vermeintliche ch wohl Staub und die Verkohlung blofs eine Schwärzung h die Kugel gewesen seyn könnten. Die Angaben des tain Legentil[4] endlich, welcher in Aegypten abgeschos- Kugeln gesehn zu haben behauptet, die durch den Luft- nicht blofs erhitzt, sondern sogar dem Schmelzen nahe cht waren, müssen bis zu anderweitiger Bestätigung auf beruhn.

Leslie's Versuche, diejenige Wärme zu finden, wel- durch Compression der Gasarten entbunden wird, geben zwar

---

1 S. Art. *Meteorstein*. Bd. VI. S. 2148.

2 Lucretius de rer. nat. L. VI. v. 177 u. 305. Ovidius Metam. II. v. 11. L. XIV. v. 7. Virgilius Aen. L. IX. v. 586.

3 G. XVIII. 249.

4 Bibliothèque britannique T. XXXIII. p. 336.

Digitized by Google

keine absolute Entscheidung dieser schwierigen Frage, verd
nen aber dennoch nicht unbeachtet zu bleiben. Er hing nä
lich in einem Ballon ein empfindliches Thermometer auf,
antlirte, bis die Dichtigkeit der Luft noch 0,8, 0,6, 0,4,
der äufsern betrug, liefs die Luft dann einströmen, beobach
die Grade, um welche das Thermometer stieg, und fand h
aus, dafs die Zunahme der Temperatur = y allgemein d
die Formel $y = 45^{\circ}\left(\frac{1}{d} - d\right)$ in Graden der Fahrenheit's
Scale ausgedrückt werden kann, wenn d den Grad der D
tigkeit der Luft, die der äufsern = 1 gesetzt, bezeichnet,
noch besser $y = 45^{\circ} x \left(\frac{2-x}{1-x}\right)$, wenn $1 - d = x$ ist[1].

113) Wenn durch Verdichtung der Luft Wärme erz
wird, so veranlafst dieses zu dem Schlusse, dafs die Ver
nung derselben Kälte zur Folge haben müsse. Die Erfah
bestätigt dieses vollkommen, obgleich ich die Aeufserung
Gay-Lussac[2], dafs eine fünffache Verdichtung der Luft
C. Wärme erzeuge, eine gleich starke Verdünnung daher e
so viele Kältegrade hervorrufen müsse, weder durch Th
noch durch Erfahrung begründet finden kann. Schon Da
nahm bei seinen erwähnten Versuchen beide einander entge
gesetzte Erscheinungen wahr, und auf gleiche Weise erhi
spätere Experimentatoren mit feinen Quecksilberthermom
ähnliche Resultate; am auffallendsten aber zeigt sich die
scheinung bei der Anwendung eines Breguet'schen Metall
mometers, weil die Menge der in der dünnen schraubenfö
gewundenen Lamelle der drei Metalle enthaltenen Wärm
ausnehmend gering ist und daher von der sich ausdehne
Luft schnell absorbirt wird. Stellt man ein solches The
meter unter die Campane einer schnell exantlirenden L
pumpe, und sorgt man dafür, dafs die Verdünnung ung
in gleicher Zeit erfolgt, als die Luft nachher wieder einst
so geht das Thermometer vorzüglich gleich anfangs, wenn
Verdünnung am schnellsten bewerkstelligt wird, auf einen
deutenden Grad der Kälte, und kehrt, wenn die Verdün
langsamer erfolgt oder man mit dem Exantliren aufhört,

1 Ann. of Phil. XIV. 17.
2 Ann. de Chim. et Phys. T. IX. p. 305.

der zum ursprünglichen Stande zurück; läfst man hierauf Luft einströmen, so giebt der Zeiger auf der andern Seite wieder ungefähr ebenso viel oder zuweilen noch mehr Wärme an. Wollte man aus diesem Versuche und aus theoretischen Gründen folgern, dafs gleich starke Verdichtungen und Verdünnungen der Luft gleich grofse Wärmemengen zu erzeugen und zu binden vermöchten, so dürfte dieses durch die Erfahrung nicht bestätigt werden. Man darf wohl mit Sicherheit annehmen, dafs eine gehörig schnelle 18fache oder auch nur 12fache Verdichtung der Luft hinreiche, um Schwamm zu entzünden[1], und da hierzu im genäherten Werthe gegen 300° C. Wärme erforderlich sind, so müfste eine gleich starke Verdünnung eine bis unter den gewöhnlich angenommenen absoluten Nullpunct hinabgehende Kälte erzeugen[2], allein es ist mir nie gelungen, Wasser im Tachopyrion durch schnelles Aufziehn des Embolus gefrieren zu machen. Dieses erklärt sich leicht daraus, dafs auch eine noch so kleine Quantität Wasser beim Gefrieren eine gröfsere Menge Wärme hergeben würde, als erforderlich wäre, die geringe Menge der ausgedehnten Luft auf eine Temperatur unter dem Gefrierpuncte zu bringen.

114) Ein anderer interessanter Apparat zeigt aber sehr auffallend, was für eine unerwartet grofse Menge Wärme durch die Ausdehnung der Luft absorbirt werde[3]. Nimmt man ein

---

1 S. Art. *Feuerzeug*. Bd. IV. S. 238. Vergl. Nicholson's Journ. 4. IV. p. 280. T. IX. p. 302.

2 Vergl. Navier in Ann. de Chim. et Phys. T. XVIII. p. 372.

3 Vergl. Hachette in Ann. de Chim. et Phys. T. XXXV. p. 34. Poggendorff's Ann. X. 265. Pictet will auch bemerkt haben, dafs ein Wassertropfen an einem Rohre, aus welchem die vermittelst einer gewöhnlichen Luftpumpe comprimirte Luft entweicht, zu Eis gefriert. Journ. de Phys. T. XLVII. p. 186. Scherer's Journ. Ht. XVI. S. 81. Doch dürfte das Gelingen dieses Versuches sehr unsicher seyn. Darwin schlofs aus der beträchtlichen, durch Verdunstung erzeugten Kälte, dafs blofse Luftverdünnung ein Thermometer zum Sinken bringen müsse. Durch Versuche fand er, dafs Luft aus einer Windbüchse erhaltend gegen eine Thermometerkugel strömend das Thermometer um einige Grade sinken mache, auch gewahrte er einen gleichen Erfolg, wenn Luft in einen exantlirten Recipienten einströmte, und er folgerte hieraus, dafs die aufsteigende und dadurch verdünnte Luft die Kälte auf hohen Bergen erzeuge. S. Phil. Trans. T. LXXVIII. p. 43. Gren Journ. Th. I. S. 73. Gaen dagegen war der Ansicht, die

cylindrisches Gefäfs aus fast 1 Lin. dickem Eisenblech hart g
löthet und mit zwei nahe halbkugelförmigen Enden, versie
es mit einem Hahn und prefst mittelst einer Compression
pumpe Luft bis zur dreifachen atmosphärischen Dichtigkeit o
darüber hinein, so erzeugt die Ausströmung derselben nach d
Oeffnen des Hahns nicht blofs merkliche Kälte, sondern ve
mag auch, wenn der Behälter hinlänglich grofs ist, also et
6 Zoll Durchmesser bei 18 Zoll Höhe hat, Wasser zum G
frieren zu bringen. Für diesen Zweck darf nach meinen E
fahrungen die Oeffnung im Hahn nicht zu klein, nicht un
0,5 Lin. im Durchmesser seyn, dann aber tritt die Eisbildu
unfehlbar ein, wenn man einen Spahn, an dessen Ende sich
in Wasser getränkter Wulst Baumwolle befindet, vor die Oe
nung hält; auch bemerkt man, wenn sich in der Röhre
Hahns etwas Wasser befindet oder die Luft im Innern s
feucht ist, dafs kleine Eisstückchen aus der Oeffnung flieg
Dasselbe Phänomen zeigt sich in sehr vergröfsertem Ma
stabe bei der bekannten Wasserhebungsmaschine zu Schem
in Ungarn[1], wenn nach der Ausleerung des Wassers die z
Emporpressen desselben dienende sehr comprimirte Luft e
weicht. Hält man in den Strom dieser sich stark ausdehn
den Luft ein nasses Stück Zeug, so gefriert es sogleich, a
fliegen Eisstückchen, die aus der Feuchtigkeit im Rohre
zeugt sind, mit grofser Gewalt heraus[2].

115) Da durch Compression der Luft Wärme erzeugt wi
so fragt sich, ob diese nämliche Wirkung auch dann erfo
wenn die aus einem Blasebalge strömende Luft gegen
Thermometer stöfst. Pictet[3] behauptet dieses, und er w
sogar durch einen solchen Strom verdichteter Luft ein Stei
des Thermometers von 18° bis 33° wahrgenommen haben; i
zwischen haben andere Versuche dieses nicht bestätigt, und
geht vielmehr aus den zahlreichen, durch Gay-Lussac u
Welter angestellten hervor[4], dafs gar keine oder nur eine u

---

Bindung und Entbindung der Wärme durch Verdünnung und Verdi
tung der Luft sey blofs Folge der expandirten und präcipitirten W
serdämpfe. S. dessen Journal Th. III. S. 197.

1 S. Art. *Pumpe*. Bd. VII. S. 976.

2 S. Journ. de Phys. T. XLVIII. p. 166.

3 Bibliothèque britannique T. XXXIII. p. 331.

4 Annales de Chim. et Phys. T. XIX. p. 436.

Digitized by Google

merkliche Temperaturveränderung durch dieses Mittel hervorgebracht wird, weil die Zusammendrückung der Luft Wärme erzeugt, ihre Ausdehnung aber Kälte, und beide hierbei vereinte entgegengesetzte Wirkungen einander aufheben. Daher ist die Bindung der Wärme bei der Schemnitzer Maschine so stark, weil die langsam comprimirte, dann nach einem Zeitintervall ausströmende Luft im Ganzen sich so bedeutend ausdehnt; das Blasen aus dem Windkessel der Dampfmaschine zu Chaillot, in welchem die Luft stets durch den Druck von 2,6 Atmosphären comprimirt wird und sich sofort wieder ausdehnt, bringt dagegen keine Temperaturveränderung hervor[1].

116) Die Erklärung aller dieser Phänomene ist nicht schwierig, auch sind im Ganzen alle Physiker hierüber einverstanden[2]. Wird die Kraft des repulsiv in den Gasarten wirkenden Wärmestoffes durch mechanische Gewalt überwunden, die Attraction der Molecüle dagegen durch ihre gröfsere Annäherung verstärkt, so mufs Wärme ausgeschieden werden; durch Verminderung des äufsern Druckes dagegen entfernen sich die Molecüle weiter von einander, die Attractionskraft wird schwächer und die Wärmeatome haben leichtern Zutritt, die Menge mufs zur Herstellung des stabilen Gleichgewichts vermehrt werden, weswegen die so verdünnten Gasarten den umgebungen Wärme entziehn. Dafs aber durch Verdünnung der Luft nicht gleiche Mengen Wärme absorbirt, als durch Compression frei gemacht werden, scheint nicht blofs nicht schwer zu erklären, sondern liegt sogar in der Natur der Sache. Die aus den comprimirten Körpern ausgeschiedene Wärme ist in ihnen einmal vorhanden und wirft sich auf die ihr zunächst dargebotenen Substanzen, die von den expandirten aufzunehmende dagegen mufs den umgebenden Körpern, durch die sie festgehalten wird, entzogen werden, wozu einige Zeit erforderlich ist, während welcher sie von allen Seiten herzuströmt. Aufserdem aber ist Grund vorhanden zu vermuthen, dafs die durch Compression frei gewordene Wärme in Undulationen geräth und demnach stärkere Wirkungen äufsert, als ihrer Quantität angemessen ist; wenigstens führen zu diesem

---

1 Hachette in Ann. de Chim. et Phys. T. XXXV. p. 34. G. LXXI. 200.

2 Vergl. Thomson's System of Chimistry. T. I. p. 150.

Digitized by Google

Schlusse die Versuche von Le Bouvier Desmortiers[1], w
cher einen Lichtschein im gläsernen Tachopyrion wahrnal
einen Funken aber nur dann, wenn sich ein entzündlic
Körper darin befand. Weil man nun diese Undulationen ni
mit in Rechnung nehmen kann, die den theoretischen Besti
mungen der Wärmemengen, die durch Compression frei, du
Expansion aber gebunden werden, zum Grunde liegenden V
suche aber nur mit geringen und langsam bewerkstelligten V
dichtungen und Verdünnungen angestellt wurden, bei de
diese vibratorische Bewegung nicht eintritt oder zu bald a
hört, als dafs sie einen mefsbaren Effect hervorbringen kön
so dürfte hierin der Grund liegen, warum die Resultate
theoretischen Untersuchungen über die Menge der durch Co
pression frei gemachten, durch Expansion dagegen gebunde
Wärme mit der Erfahrung nicht übereinstimmen und de
Prüfung daher hier besser übergangen wird[2].

3) Wärmeerzeugung durch Verdichtung, dur Vereinigung und chemische Verbindung h terogener Körper.

117) Dafs durch die Verbindung verschiedener Kör
Wärme entbunden wird, die nicht selten sehr bedeutend
und oft sogar bis zum Erglühen steigt, wufste man seit den
testen Zeiten; auch kommen diese Erscheinungen in so zal
loser Menge vor, dafs man sie als allgemein bekannt betrac
ten darf. Fassen wir aber das Gemeinsame aller dieser E
scheinungen zusammen, so kommen sie alle darauf zurü
dafs heterogene Substanzen sich mit einander verbinden, i
Molecüle dadurch eine andere Lage annehmen, mithin in
anderes Verhältnifs zu den Atomen des Wärmestoffes komm
und diese daher aus ihrem bestehenden stabilen Gleichgewic
mit der Attractivkraft gesetzt werden. Im Ganzen darf m
nach theoretischen Gründen annehmen, dafs die Molecüle ei
gegebenen Körpers sich nicht trennen und mit denen eines a
dern Körpers sich nicht verbinden würden, wenn letztere

---

1 Journ. de Phys. 1809. Mai. G. XXXIII. 228.

2 Vergl. Ivory in Phil. Mag. and Ann. T. I. p. 89 u. 165. Mur
in Edinb. New Phil. Journ. N. V. p. 149 u. a. a. O.

Digitized by Google

icht durch eine überwiegende Kraft anzögen, wovon dann
ne Verdichtung und Ausscheidung des repulsiven Wärme-
offes nothwendige Folge seyn mufs. Eben dieser Erfolg mufs
ch statt finden, wenn verbundene Körper sich trennen, selbst
ne neue Verbindungen einzugehn; allein eine Trennung in
infache Bestandtheile kann der Natur der Sache nach nicht
hl statt finden ohne die Mitwirkung anderweitiger beson-
er Ursachen, deren modificirender Einflufs daher besondere
ücksichtigung verdient. Endlich darf man theoretisch an-
hmen, dafs die Wärmeentbindung um so viel stärker seyn wird,
nergischer sich die Körper mit einander verbinden, und je
fser ihre Verdichtung ist. Alle diese aus der aufgestellten
allen Erscheinungen anzupassenden Theorie folgenden Sätze
den sich in der Erfahrung bestätigt, es ist aber sehr natür-
h, dafs die zahllosen Phänomene, welche zu dieser Classe
ren, mannigfaltige Verschiedenheiten zeigen müssen, die
besondere Modificationen des allgemeinen Erklärungsprin-
es erfordern, ohne jedoch mit demselben im Widerspruch
stehn. Ob wirklich ein solcher Widerspruch nirgend vor-
nden sey, verdient vorzügliche Beachtung, sobald es sich
eine ernstliche Prüfung der Theorie handelt; inzwischen
rd der Verfolg der Untersuchung zeigen, dafs dieses keines-
egs der schwierigste Theil der Aufgabe sey, da es vielmehr
ch schwerer ist, die zahllosen Phänomene nach ihren Ei-
nthümlichkeiten in einzelne Classen zu ordnen und die zu-
sammengehörigen richtig zu vereinigen. Man könnte auch
s Verhalten der Wärme beim Gestehn, Gefrieren und Kry-
llisiren der Körper mit zu dieser Classe rechnen, da aber
rüber in einem besondern Abschnitte die Rede seyn wird, so
nnen sie hier füglich übergangen werden.

Wenn die Molecüle der Körper oder ihre Partikeln eine
ue Verbindung mit oder ohne gleichzeitige Trennung ein-
hen, so geschieht dieses allezeit durch die Wirkung der At-
ctionskraft, man nennt diese aber in denjenigen Fällen
emische *Kraft*, wenn die entstandene Verbindung so genau
, dafs sie nur durch eine ähnliche und gleichartig wirkende
aft wieder getrennt werden kann. Da aber der Scharfsinn
r geübtesten Chemiker die Grenze zwischen sogenannten
engungen und chemischen Verbindungen bis jetzt kaum oder
ch nicht scharf zu bestimmen vermochte, so wird dieser

Digitized by Google

Unterschied hier billig vernachlässigt und allgemein von Wärmephänomenen bei Verbindungen gehandelt, ja man wohl unbedenklich, eine scharfe Grenze als nicht existir vorausgesetzt, sobald nur die Moleciile oder die kleinsten P tikeln der Körper, nicht aber gröfsere Theile oder Mas derselben sich verbinden, alle diese Erscheinungen der Kü halber unter den gemeinsamen Ausdruck der *Wärmeerzeug durch Chemismus* zusammenfassen.

118) Eine Reihe höchst merkwürdiger Versuche über Erzeugung der Wärme durch das Eindringen von Flüssigk ten in lockere Körper der verschiedensten Art hat Pouill bekannt gemacht. Er bediente sich hierzu sehr feiner Th mometer, welche die geringsten Wärmeveränderungen an ben, doch erhielt er zuweilen Temperaturerhöhungen von bis 7°, ja sogar bis 10° C. Der Erfolg findet statt bei Aufnahme von Wasser, Alkohol, den verschiedenen Oe Essigäther u. s. w., doch geben nicht alle lockere Körper allen Flüssigkeiten gleich grofse Wärmemengen, dagegen läfst sich behaupten, dafs alle Körper durch Flüssigkeiten, leicht in sie eindringen, eine Erhöhung der Temperatur er ren. Mit gepulverten Metallen, Metalloxyden und Miner der verschiedensten Art, ebenso mit organischen Körpern, Holz, Rinden, Wurzeln, Früchten, verschiedenartigen K nern, Schwamm, Seide, Haaren, Wolle, Elfenbein, Seh Membranen u. s. w., welche alle Wasser in sich aufneh hat er die Versuche angestellt, und dabei zugleich noch Erfahrung gemacht, dafs die organischen Körper mehr erwä werden, als die unorganischen, was er sehr richtig als Folge gröfserer Feinheit ihrer Theilchen betrachtet. Auffall der ist dagegen, dafs die nämlichen Körper, z. B. Seh ungefähr ebenso viel Wärme entwickeln, sie mögen Wa Oel, Alkohol oder Essigäther verschlucken. Nach diesen sultaten ist wohl nicht zu bezweifeln, dafs die schon fr durch FARADAY[2] wahrgenommenen Erscheinungen gleich unter diese Classe gehören. Er hielt eine Thermometerk in Wasserdämpfe, worin sie bleibend 100° C. zeigte; stre

1 Annales de Chim. et Phys. T. XX. p. 141. Bulletin des Sc ces 1822. G. LXXIII. 336.

2 Annales de Chimie. T. XX. p. 329.

Digitized by Google

er aber etwas pulverisirten Salmiak auf die Kugel, so stieg die Wärme sofort auf 110° C., und eine gleiche Vermehrung fand statt, wenn die Kugel in Leinen oder Flanell gehüllt war, worauf man vorher verschiedene Salze, Alkalien, Zucker u. s. w. in Pulverform gestreuet hatte.

119) Viele Erscheinungen einer bedeutenden Wärmeerregung durch feste Körper in Folge der Aufnahme von Wasser und sonstigen Flüssigkeiten, insbesondere von Säuren, kennt man seit den ältesten Zeiten, ohne sie jedoch aus der hier aufgestellten allgemeinen Ursache abzuleiten. Vor allen Dingen gehört hierher die Erhitzung des gebrannten Kalkes beim Löschen, welche bis zum Glühen steigt, so dafs sie Entzündung des Schiefspulvers bewirkt[1]. Wenn man nach einer Angabe von Göbel[2] etwa 0,5 Unze gebrannten salinischen Marmor in einer Schale mit einem feinen Wasserstrahle benetzt, so erfolgt hellrothes Erglühn der Masse. Ehemals leitete man dieses auf eine seltsame Weise davon ab, dafs der Kalk beim Brennen Feuer in sich aufnehme und dieses durch Wasser ausgeschieden werde, und brachte überhaupt dieses Phänomen mit dem Verhalten des Phlogistons in Verbindung, allein die Ursache liegt einfach in der begierigen Verschluckung des Wassers, da der Kalk beim Brennen sein Krystallwasser verliert, welches in solcher Menge in ihm vorhanden ist, dafs es mit Einschlufs der gleichfalls entweichenden Kohlensäure nahe $\frac{1}{3}$ seines Gewichtes beträgt. Benetzt man den gebrannten Kalk mit Salpetersäure oder noch besser mit Schwefelsäure, so ist die Erhitzung ungleich stärker, weil die Anziehung zu diesen Flüssigkeiten gröfser ist. Frisch geglühte Magnesia mit etwas Schwefelsäure benetzt zeigt sogleich glühende Stellen; hat die Magnesia Kohlensäure aufgenommen, so wird diese ausgeschieden und der Versuch geräth weniger gut oder gar nicht. Hierzu dürfte auch eine merkwürdige Erscheinung zu zählen seyn, welche Berzelius[3] wahrgenommen hat. Wenn man einige von den spiefsglanzsauren Metallen, z. B. die von Zink-, Kobalt-, Kupfer- und Manganoxyd, erhitzt, so geben sie anfangs ihr Krystallwasser her, dann aber, wenn sie zum

---

1 Vergl. Berzelius Jahresbericht. Th. XI. S. 122.
2 Schweigger's Journal Th. LVIII. S. 288.
3 G. XLII. 295.

Digitized by Google

vollen Rothglühn oder anfangenden Weifsglühn gekomm sind, entzünden sie sich, und verglimmen mit grofser Lebh tigkeit während einer oder einiger weniger Secunden. Da Metalle dann schon auf der höchsten Stufe der Oxydation v ren und die Erscheinung auch ohne Zutritt der Luft sich ze so kann sie nicht als ein Verbrennen betrachtet werden, kann also nicht wohl für etwas anderes, als eine Folge Wärmeentwickelung durch Verdichtung gelten, was dadu wahrscheinlich wird, dafs die Metallsalze an Gewicht we zunehmen noch abnehmen, wohl aber ihre Farbe fast gänz verlieren und in Säuren so gut wie unlöslich sind, statt sie vorher mit Hinterlassung von Spiefsglanzsäure leicht legt werden.

120) Werden Flüssigkeiten, die sich leicht und innig v binden, mit einander gemischt, so erleiden sie im Ganzen Verminderung ihres Volumens und entbinden Wärme, wie Weingeist und Wasser, Säuren und Wasser, Oelen und S ren u. s. w. der Fall ist, wobei um so gröfsere Wärme wird, je energischer, bis zur eigentlichen chemischen Umwa lung, sie sich verbinden. Eigentliche Versuche hierüber vorzüglich mit Weingeist und Wasser angestellt worden, zu wohl durch G. G. Schmidt[1] in der Absicht, um das Verhäl der Verdichtung zur Menge der frei werdenden Wärme zumitteln. Die Resultate seiner Versuche sind in folge Tabelle enthalten, worin D und d die beobachteten und berechneten Dichtigkeiten Δd die in Tausendsteln ausgedr ten Aenderungen der Dichtigkeiten, und Δt die Erhöhu der Temperatur in Centesimalgraden bezeichnen; das spec. wicht des Weingeistes war 0,8894.

Weingeist		Wasser		D	d	Δ d	Δ t
4	Theile	1	Theil	0,9195	0,9095	10,9	3°,62
3	—	1	—	0,9280	0,9147	14,3	3,75
2	—	1	—	0,9380	0,9234	15,6	5,00
1	—	1	—	0,9570	0,9414	16,3	6,25
1	—	2	—	0,9720	0,9602	12,1	6,00
1	—	3	—	0,9785	0,9698	8,4	5,31
1	—	4	—	0,9820	0,9757	6,4	4,70
1	—	5	—	0,9860	0,9797	6,4	4,00

1 Gren N. Journ. Th. I. S. 192.

Digitized by Google

Die Bestimmung der Dichtigkeiten geschah vor und nach der Mischung bei der nämlichen Temperatur von 15° R. und die Dichtigkeit = δ, welche die Mischung ohne Aenderung des Volumens hätte haben müssen, wurde nach der Formel

$$\delta = \frac{M + m}{\frac{M}{D} + \frac{m}{d}} = \frac{(M + m)\,D\,d}{d\,M + D\,m}$$

berechnet, worin M und m die Massen, D und d die Dichtigkeiten bezeichnen. Man sieht hieraus, dafs die Zunahme der Temperatur am gröfsten bei gleichen Mengen ist und dann nach beiden Seiten hin abnimmt, allein hierauf ist keine allgemeine Folgerung zu gründen, weil der gebrauchte Alkohol kein absoluter war. Bei allen diesen Mischungen fand aber eine Vermehrung der Dichtigkeit statt, und hierin könnte also die Ursache der Wärmeentbindung gesucht werden.

121) Aehnliche Versuche von THILLAYE[1] führten zu Resultaten, welche etwas Auffallendes zu haben scheinen, doch ist nicht zu übersehn, dafs sie mit viel weniger absolutem Alkohol angestellt wurden, als die oben erwähnten. Bei der ersten Versuchsreihe war das spec. Gewicht des Alkohol 0,9544 bei 15° R. und mit Beibehaltung der eben gebrauchten Bezeichnungen mit dem Unterschiede, dafs Δd nicht in Tausendsteln gegeben ist, wurden folgende Gröfsen gefunden.

Weingeist	Wasser	D	d	Δd
9 Theile	1 Theile	0,9598	0,9590	+ 8
8 —	2 —	0,9646	0,9635	11
7 —	3 —	0,9690	0,9681	9
6 —	4 —	0,9731	0,9725	6
5 —	5 —	0,9768	0,9772	— 4
4 —	6 —	0,9807	0,9818	11
3 —	7 —	0,9850	0,9863	13
2 —	8 —	0,9890	0,9904	14
1 —	9 —	0,9943	0,9954	11

Bei einer zweiten Versuchsreihe war das spec. Gewicht des Weingeistes 0,9600 und die Resultate folgende:

[1] Journal des Mines 1811. T. XXIX. G. XLVI. 194.

Weingeist	Wasser	D	d	Δd
9 Theile	1 Theile	0,9648	0,9640	+ 8
8 —	2 —	0,9689	0,9680	9
7 —	3 —	0,9724	0,9720	4
6 —	4 —	0,9760	0,9760	0
5 —	5 —	0,9792	0,9800	— 8
4 —	6 —	0,9828	0,9840	12
3 —	7 —	0,9867	0,9880	13
2 —	8 —	0,9907	0,9920	13
1 —	9 —	0,9950	0,9960	10

Das Auffallende hierbei ist, dafs mit der Zunahme der Me des Wassers Raumvermehrung statt Verminderung eintrat, zwar früher, wenn der Weingeist minder rein war, ja in dem Versuchen mit Alkohol von 0,9688 und 0,9750 Gewichte fand gar keine Verdichtung, sondern blofs Ra vermehrung statt. Genau genommen steht dieses mit den d G. G. Schmidt erhaltenen Resultaten nicht im absoluten derstreite, denn auch in dessen Versuchen nahm die Ver rung der Dichtigkeit ab, wenn mehr Wasser und weniger kohol vereinigt wurden, und zwar in einer starken Progressio dafs sich ein Uebergang zum Negativen denken läfst. Auffall dagegen ist, dafs selbst bei Vergröfserung des Volumens noch Wärme entbunden worden seyn soll, weswegen auch die R tigkeit dieses Resultates mehrseitig in Zweifel gezogen wu

122) Neuerdings ist aber dieser Zweifel durch Rudb beseitigt worden, welcher diesen Gegenstand mit der ihm e thümlichen Schärfe und Genauigkeit behandelt hat. Seine eig Versuche wurden mit Alkohol von 0,83991 spec. Gewich 15° C. angestellt und gaben folgende Resultate.

Versuche	Wasser	Alkohol	spec. Gew. d. Mischung	Contraction
1	36,253	136,860	0,88783	1,648
2	41,907	133,674	0,89413	1,823
3	45,070	130,205	0,89795	1,916
4	49,525	126,573	0,90314	2,056
5	55,271	124,267	0,90845	2,166
6	59,574	114,761	0,91511	2,291
7	62,137	110,138	0,91907	2,387
8	66,832	105,923	0,92375	2,430
9	72,812	102,821	0,92895	2,501
10	76,336	97,970	0,93309	2,536
11	80,217	93,832	0,93713	2,566
12	82,358	85,877	0,94187	2,569
13	91,697	80,531	0,94882	2,560
14	99,111	76,693	0,95319	2,477

1 Poggendorff's Ann. XIII. 496.

Aus diesen mit verdünntem Alkohol erhaltenen Contractionen lassen sich diejenigen berechnen, welche absoluter geben würde. Besteht nämlich ein Volumen gemischten Alkohols aus einem Volumen reinen Alkohols = v und einem Volumen Wasser = w, wird zu diesem ein Volumen Wasser = V gesetzt und heißt das Volumen dieser Mischung U, so findet man die beobachtete Zusammenziehung

$$e = 100\left(\frac{u+V}{U} - 1\right).$$

die totale Zusammenziehung C der Mischung ist aber

$$C = 100\left(\frac{v+w+V}{U} - 1\right),$$

und die bei dem verdünnten Alkohol schon statt gefundene Contraction c ist

$$c = 100\left(\frac{v+w}{u} - 1\right),$$

daraus also

$$C = e + c\,\frac{u}{U}.$$

Um den Procentgehalt der Mischung zu finden, mögen p und P die Procentgehalte an absolutem Alkohol in der Mischung und im angewandten verdünnten Weingeist bezeichnen[1], und man erhält dann

$$p = P\,\frac{u}{U}.$$

Für Alkohol von 0,83991 ist die Contraction c = 2,120 und der Procentgehalt P = 88,30 und hiermit erhält man in der letzten Formel

$$C = e + 2{,}120\,\frac{u}{U} \text{ und } p = 88{,}30\,\frac{u}{U}.$$

Hiernach berechnet erhält man aus den durch die genannten Versuche gefundenen Gröfsen folgende Procente und Contractionen der Mischungen:

1 Diese Gröfsen ergeben sich aus der im Art. *Gewicht* Bd. IV. S. 1567 befindlichen Tabelle.

Digitized by Google

Versuche	Procente	Contractionen
1	70,96	3,351
2	68,45	3,466
3	66,85	3,521
4	64,77	3,601
5	62,44	3,665
6	59,46	3,718
7	57,80	3,774
8	55,45	3,761
9	52,98	3,773
10	50,89	3,758
11	48,82	3,738
12	46,23	3,679
13	42,34	3,576
14	39,47	3,424

Man sieht hieraus, dafs die Contractionen mit den Proce des Alkohols erst wachsen und dann wieder abnehmen. das hierbei zum Grunde liegende Gesetz genauer aufzufin wählt Rudberg die auch anderweitig angewandte Gleich zwischen den Contractionen c und den Procenten p, wonac

$$c = A + Bp + Cp^2 + Dp^3 + \ldots.$$

gesetzt wird. Für die Coefficienten wählt er die Vers 1, 5, 10, 14 und erhält hieraus die Gleichung

$$c = -17{,}427 + 22{,}1751\,p - 2{,}5381\,p^2 + 0{,}059865\,p$$

aus welcher zur Bestimmung des Maximums

$$\partial c = 22{,}1751\,\partial p - 5{,}0762\,\partial p^2 + 0{,}17959\,\partial p^3,$$

$$\text{und für } \frac{\partial c}{\partial p} = 0$$

$$0 = 22{,}1751 - 5{,}0762\,p + 0{,}17959\,p^2$$

wird. Die eine Wurzel dieser Gleichung ist 5,40 und $c = 37{,}75$. Die gröfste Zusammenziehung liegt hiernach 54,00 Procent und beträgt 3,775, oder 103,775 haben sich 100 zusammengezogen. Rudberg meint, das Maximum Zusammenziehung finde bei einem gewissen einfachen Verh nisse des Sauerstoffgehaltes beider Flüssigkeiten statt, in schon Ure gezeigt habe, dafs bei den Mischungen von Sch felsäure mit Wasser die gröfste Contraction bei der Gleich der Sauerstoffmengen beider Flüssigkeiten eintrete. Sollte ses allgemein der Fall seyn, so wäre es allerdings ein be tenswerther Umstand. Der Alkohol enthält nach dem Gewi 34,454 Procente Sauerstoff; die 54 Volumenprocente oder42,

Gewichttheile desselben enthalten also 14,785 und die 49,77 Gewichttheile Wasser 44,248 Procente Sauerstoff, welches letztere gerade das Dreifache des ersteren ist. Die gröfste Zusammenziehung fände also zwischen 3 Atomen Wasser und 1 Atom Alkohol statt, und eine solche Mischung enthält 49,836 Volumentheile Wasser und 53,939 Volumentheile absoluten Alkohol. Die angegebene Zusammenziehung gilt für 15° C. und nimmt bei zunehmender Wärme ab; denn nach Tralles ist die Contraction bei 4° = 3,97, bei 17°,5 = 3,60, bei 37°,7 = 3,31, was theoretisch damit zusammenhängt, dafs bei niedrigern Temperaturen die Theilchen einander näher liegen und daher die Anziehungen stärker sind. Die von Thillaye beobachtete Ausdehnung wird hieraus einfach erklärlich. Der von ihm gebrauchte Weingeist hatte bei 15° ein spec. Gew. = 0,9544 und bei demselben hatte daher schon eine totale Contraction von 3,35 Procenten statt gefunden. Heifst diese C, die beobachtete e, das Volumen dieses Weingeistes u, das der Mischung U, so ist

$$e = C - 3{,}35\,\frac{u}{U}.$$

Werden die von Thillaye gemachten Mischungen nach dieser Tabelle berechnet, so erhält man

Wasser		Alkohol		e
1	Theil	9	Theile	+ 0,11
2	—	8	—	+ 0,10
3	—	7	—	+ 0,09
4	—	6	—	+ 0,02
5	—	5	—	— 0,04
6	—	4	—	— 0,09
7	—	3	—	— 0,14
8	—	2	—	— 0,19
9	—	1	—	— 0,10

woraus die Richtigkeit der angegebenen Versuche erhellet. Über die auch bei Verminderung der Dichtigkeit freiwerdende Wärme wird später die Rede seyn.

123) Sehr bekannt ist die grofse Hitze, welche bei der Mischung der Säuren, namentlich der Schwefelsäure, mit Wasser erregt wird. G. G. Schmidt[1] hat auch hierüber Versuche angestellt, deren Resultate folgende Tabelle zeigt, worin

[1] A. o. a. O.

Digitized by Google

die oberen Bezeichnungen beibehalten sind. Das spec. Gew des nordhäuser Vitriolöls war 1,866, der rauchenden Salpe säure 1,428 und der concentrirten Salzsäure 1,181.

Vitriolöl	Wasser	D	d	Δd	Δt
1 Theil	15 Theile	1,043	1,030	12,4	13°,75
1 —	3 —	1,183	1,131	43,9	68,75
1 —	1 —	1,412	1,302	77,9	93,75
3 —	1 —	1,622	1,534	54,3	100,00
Salps.					
3 —	1 —	1,336	1,289	35,2	23,75
1 —	3 —	1,084	1,064	18,7	11,25
Salzs.					
3 —	1 —	1,132	1,130	1,8	11,25
1 —	3 —	1,042	1,040	1,9	7,50

Man ersieht hieraus, namentlich bei der Schwefelsäure starke Erhitzung, welche zu den Quantitäten des Wasser umgekehrten Verhältnisse steht, weswegen die bekannte gilt, dafs man stets die Säure zum Wasser, nie aber umge schütten mufs, weil sonst ein Theil des durch mechan Gewalt niederfallenden Wassers in Dampf verwandelt die emporschleudert. Hess[1] fand durch eine Reihe von Versu dafs die Wärmeentbindung hierbei nach bestimmten Ve nissen erfolgt. Dabei bediente er sich der Schwefelsäure von 1 bis 6 Atome Wasser auf 1 Atom Säure enthielt, mischte sie mit einem Ueberschufs Wasser, führte die entwickelten Wärmemengen auf gleiche Mengen wasse Säure zurück, und fand, dafs die dabei entwickelten Wä mengen nahe genau Multipla in ganzen Zahlen waren.

Auf 1 At. wasserf. S. entwickelt	gefunden	berechnet	Multipl.	Unterscl
$\dot{H}^6\ddot{\ddot{S}}$	43,8	43,8	2	1
$\dot{H}^4\ddot{\ddot{S}}$	67,2	65,7	3	1
$\dot{H}^3\ddot{\ddot{S}}$	93,5	87,6	4	2
$\dot{H}^2\ddot{\ddot{S}}$	132,6	131,4	6	4
$\dot{H}^1\ddot{\ddot{S}}$	222,5	217,8	10	

Es liegt in der Natur der Sache, dafs das erste Atom W stärker als das zweite u. s. w. angezogen wird, und die fundenen Gröfsen zeigen, dafs die entwickelte Wärme desto gröfser ist, je innigere Verbindung statt findet.

---

1 Poggendorff's Ann. XLVII. 210.

124) Eine der auffallendsten Erscheinungen von Wärmeentbindung bei der Mischung verschiedenartiger Flüssigkeiten liefert die Verbindung von Schwefelsäure mit rauchender Salpetersäure, wenn man sie zu Terpentinöl schüttet. Schon die letztere Säure allein giebt mit ätherischen und fetten Oelen vereint starke Hitze mit Aufbrausen, einen interessanten und diese in der Wärmeerzeugung auffallend zeigenden Versuch kann man aber anstellen, wenn man ungefähr gleiche Theile concentrirter Schwefelsäure und rauchender Salpetersäure zusammengiefst, die sich hierbei gleichfalls erhitzen, und dann diese Mischung in eine ungefähr gleiche Menge Terpentinöl schüttet, welches sich sogleich zu einer hellen Flamme mit dickem, schwarzem Rauche entzündet. Auch die rauchende Salpetersäure, mit den meisten ätherischen Oelen vereint, bringt für sich allein eine lebhafte Entzündung hervor, ein Phänomen, welches schon Borrichius[1] beim Terpentinöle zuerst wahrnahm, viele Andere aber, z. B. Slare[2], Beaumé[3] und Proust[4], theils mit, theils ohne Erfolg wiederholten, bis Dippel, Hoffmann und Geoffroy[5] auffanden, dafs der Versuch jederzeit gelinge, wenn man eine Mischung von Salpetersäure und Schwefelsäure anwende. Diese Erscheinung ist das, was man *Verbrennen* nennt, und es unterliegt keinem Zweifel, dafs alle hierzu gehörige Phänomene unter diese allgemeine Classe zu bringen sind. Diese wollen wir daher zuvor näher betrachten, ehe wir eine wichtige Frage erörtern, ob Wärmeentbindung auch bei Raumerweiterung statt finden könne.

125) Soll zuerst festgestellt werden, was man unter *Verbrennung* verstehe, so kann man sagen: Verbrennen heifst jede chemische Verbindung oder Trennung der Körper, die mit Ausscheidung von Licht und Wärme verbunden ist. Hiernach gehören also alle Verbrennungen unter die allgemeine Classe derjenigen Phänomene, bei denen Wärme durch Chemismus erregt wird, nach genauerer Beschränkung mufs aber nicht blofs Wärme, sondern zugleich auch ein mehr oder minder

---

1 Acta medica et philos. Hafniensium. 1671. p. 133.
2 Phil. Trans. 1694. N. 213. T. XVIII. p. 200.
3 Manuel de Chymie. p. 340.
4 Journ. de Physique. T. XIII. p. 432.
5 Roulle in Mém. de l'Acad. 1747. p. 34.

Digitized by Google

starkes Leuchten dabei zum Vorschein kommen. Da in Natur überall keine scharfe Begrenzung statt findet, so g auch die unter diese Classe gehörigen Phänomene in diejen nahe liegenden verwandten über, bei denen ein hoher Grad Wärme in Folge chemischer Verbindung frei wird, wie denn auch nicht ganz mit Unrecht die Entwickelung der rischen Wärme ein langsames Verbrennen genannt hat; Uebersicht des Ganzen wird aber durch die gewählte Fest lung des Begriffes ausnehmend erleichtert. Um aber die losen Phänomene des Verbrennens noch leichter zu übers wollen wir auch diese unter verschiedene Abtheilungen or

a) Selbstzündungen.

126) Werden Körper mit einander vereint, welche Bedingungen des Verbrennens in sich enthalten, und wirke mit grofser Energie auf einander, so erfolgt ihre Entzün und nachherige Verbrennung von selbst. Hierher gehört alte Versuch von Lemery[1], welcher von Beaumé und An wiederholt wurde, hauptsächlich weil man die Erscheinu der feuerspeienden Berge durchaus erklären wollte. Inzwis zeigt sich dieses eigenthümliche, zur Classe der Verbrennu zu rechnende, Phänomen nicht blofs bei der Vereinigung Schwefels mit Eisen, sondern auch mit andern Metallen[2], mentlich mit Kupfer. Letzteren Versuch haben Pfaff Lentin wiederholt[3]. Sie nahmen 15 Gran Schwefel un Gran Kupferfeilicht, thaten das Gemenge in eine Glasröhre erhitzten diese, wobei die Masse zuerst zusammensinterte, sich aufblähete, und zuletzt unter Entwickelung einiger D pfe in lebhaftes Glühen, jedoch ohne Flamme, gerieth. Zink ist die Wirkung noch gröfser und bei minderer Vor mit einer leicht gefährlichen Explosion verbunden[4]. Eben ses ist leicht der Fall bei der bekannten Reduction des Qu silbers durch Eisen, wo die Explosion leicht im Augenb des Ueberganges des Schwefels an das Eisen eintritt,

---

1 Mém. de l'Acad. de Par. 1700. Vergl. *Vulcan.* Bd. S. 2278.

2 Van Mons in Gren's Journ. d. Phys. Th. VIII. S. 19.

3 Ebendaselbst S. 280.

4 Recherches physico-chimiques par MM. Deiman cet. III. Amst. 1794. V. Crell chem. Ann. St. XI. S. 383. St. XII. S.

nahm Gehler[1] beim Uebertritt des Arseniks an Platin plötzliche Entbindung von leuchtender Glühhitze wahr. Wenn man Arsenik im feuchten Zustande pulvert, so wird es beim Zutritt der Luft langsam heifs und entzündet sich zuletzt[2], ein Phänomen, welches sich dem eigentlichen Verbrennen durch Sauerstoff anreihen läfst. Eine sehr alte Erfahrung ist die von Isaak Higgins[3], dafs feuchtes salpetersaures Kupfer etwas zerkleinert und in ein Stanniolblättchen gewickelt, dann etwas gepreist eine Entzündung bewirkt, wobei Funken umhersprühen. Die Erscheinung läfst sich auffallender, aber nicht wissenschaftlich interessanter machen, wenn man kleine Bröckchen Phosphor beimengt, auch theilt sich die Entzündung leicht verbrennlichen Körpern, als Sägemehl u. s. w., mit, wenn man das Packetchen darunter legt; die Anwesenheit von Feuchtigkeit ist aber nothwendige Bedingung[4].

127) Ungleich häufiger sind die von selbst sich entzündenden Mischungen, in denen sich Bestandtheile aus dem Thier- und Pflanzenreiche befinden[5]. Schon im J. 1764 ergab sich, dafs zu Petersburg mehrmals Feuer da entstand, wo sich mit Oel begossener und dann fest gepackter Hanf befunden hatte, auch erzählt Woodman[6] ein Beispiel, dafs mit Leinöl getränktes Baumwollenzeug sich binnen 3 Stunden entzündete. Die Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand wurde aber vorzugsweise erregt, als in dem auf einer Insel in der Neva gelegenen, blofs von Stein und Metall erbaueten Magazine zur Nachtzeit Feuer ausbrach, ungeachtet niemand darin befindlich war und keine begangene Unvorsichtigkeit Ursache seyn konnte. Man vermuthete, dafs mit Leinöl genäfster und eingewickelter Hanf sich entzündet habe, um so mehr, als im J. 1781 der Brand auf einer Fregatte von Bündeln einer Hängmatte, worin Kienrufs und Oel zum Anstreichen befindlich war, abgeleitet wurde[7]. Eine ähnliche Ursache veranlafste im J. 1757 das Entzünden der

---

1 L. Gmelin Handbuch d. Chemie. Th. I. S. 1425.
2 Journ. de Pharmacie. 1827. Sept. p. 433.
3 Philos. Trans. T. LXIII, P. I. p. 137. Journ. de Phys. T. XIII. Appl. p. 221.
4 Buchner's Repertorium. Th. XLI. S. 430.
5 Vergl. Monozzo in Mém. de Turin. T. III. p. 478.
6 Philos. Trans. T. LXXXIV. p. 426.
7 Journ. de Phys. T. XX. p. 3 ff.

Digitized by Google

Segel im Arsenale zu Brest[1], die öftere Wiederkehr solch
Fälle zu Petersburg veranlafste aber eine nähere Untersuchu
der Sache durch Czernischef[2], wobei sich zeigte, dafs 40
Kienrufs, auf welchem eine Stunde lang 35 ℔. Hanfölfirn
gestanden hatten, nach dem Abgiefsen des Oelfirnisses in ei
Hängmatte eingewickelt, nach 19 Stunden Rauch und Fe
entwickelten, welches nach dem Oeffnen einer Thür sofort
lichte Flammen ausbrach. Aus den fortgesetzten Untersuchu
gen von Georgi[3] ergiebt sich, dafs der russische gröbere, s
tere und schwerere Malerrufs mit fetten trocknenden Oe
etwa 5 Stunden lang getränkt, dann in Leinwand eingewick
bei trocknem Wetter sich binnen 16 Stunden unfehlbar e
zündet, wogegen bei nasser Witterung die schon begonn
Erhitzung wenigstens wieder aufhört. Hanf mit Hanföl
Unschlitt begossen, dann eine Stunde im Backofen getroch
und in eine erwärmte Bastmatte gewickelt, wurde in ei
Stunde warm und entzündete sich nach drei Stunden. Ebe
verhielt sich Schafwolle und sogar ein alter wollener Rock
ein Pack Kuhhaare, als sie auf gleiche Weise behandelt wa
Georgi's Versuche erstrecken sich noch ferner auf eine Me
anderer Substanzen, indem er fand, dafs Kleie, Mehl, Grü
Reis, Erbsen, Bohnen, Kaffee, Sägespähne und sonstige ve
tabilische Substanzen, wenn sie geröstet und noch warm
Leinwand fest eingewickelt sind, sich bald erhitzen und
zünden[4]. Fest zusammengelegte Packete gefirnifsten Taf
gerathen leicht in Brand, auch wird dieses von seidenen Str
pfen angegeben[5], am bekanntesten aber ist die Selbstentzünd
des feucht zusammengeballten Strohes, Heues, des Düngers
sonstiger vegetabilischer und thierischer Substanzen, wenn
in grofsen Massen aufgehäuft sind, indem der vorhandene K
lenstoff um so leichter, wenn dieser Procefs durch voraus
gangenes Rösten eingeleitet ist, das Wasser zersetzt und
Sauerstoff desselben aufnimmt, wobei dann die erzeugte W
zuletzt bis zur Entzündung steigt, weil sie nicht entwei

---

1 Mém. de l'Acad. de Par. 1760.
2 Acta Acad. Petrop. T. III. P. I. p. 311.
3 Neue nordische Beiträge. Th. III. S. 87. Th. IV. S. 309.
4 Vergl. Buchholz in v. Crell chem. Ann. 1784. Th. I. S. 41
5 Ans American medic. Repository. T. V. in Biblioth. Br
XXVI. p. 331.

nn. Eine Menge durch Versuche erhaltene und gelegentlich ngebotene Erfahrungen hierüber haben CARETTE[1], PROUST[2] nd Andere bekannt gemacht, auch kommen stets noch neue Erheinungen dieser Art vor[3], welche aber nur dann bekannt gemacht rden, wenn sie sich durch besondere Umstände auszeichnen. hin gehört dann auch die Entzündung der Steinkohlen, wenn viel Bitumen enthalten und Feuchtigkeit Zutritt zu ihnen , doch gehört diese Erscheinung im Ganzen genommen zu seltenern[4]. Viel Aufsehen dagegen erregte die Beobachg, dafs eine gewisse Sorte *pyritösen Torfs*, welcher als hwarze, erdige, mehr oder minder compacte, von Eisen und hwefel durchdrungene Masse im Aisne-Departement gelagert kommt, sich beim Zutritt der Luft entzündet und beim Verannen viel schwefelsaures Eisen bildet[5]. Schätzbare Beiträge Kenntnifs der Selbstzünder hat SOMMER[6] geliefert, die sich rzüglich auf die Untersuchung beziehen, inwiefern die Sonstrahlen fähig sind, in geeigneten Substanzen eine bis zur ntzündung steigende Hitze zu erzeugen, da vielfache Erfahgen ergeben, dafs in heifsen und trocknen Jahren Feuersbrünste ungewöhnlich häufig vorzukommen pflegen, wobei auf den Fall die grofse Dürre als mitwirkend zu betrachten ist. rofse Aufmerksamkeit erregte der Umstand, dafs zu Königsg im heifsen Jahre 1811 am 2. Juli sich das Moos und den, worauf Oelfässer gelegen hatten, und am 4. Juli an einer andern Stelle gleichfalls ohne Verdacht von Bosheit oder chlässigkeit entzündeten, wie dieses auch im J. 1814 bei Strohmatten und bald nachher bei den Kleidern der Oelmesser Fall war, welche stark mit Oel getränkt und zusammengeballet gelegen hatten. SOMMER erhitzte daher mit Oel getränkte einwand und Flanell auf einem Dache bis zu 65° C., wickelte

---

1 Journ. de Phys. 1784. Nov. 1785. Août.

2 Journ. de Phys. T. XIII. Suppl. p. 432.

3 Vergl. Dingler polyt. Journ. Th. XXXV. S. 213.

4 Verschiedene Beispiele werden erzählt in Silliman Amer. Journ. . XXXIII. p. 147. Zu Brest entzündete sich eine grofse Menge ufgehäufter Steinkohlen beim Zutritt der freien Luft. S. DUHAMEL in ém. de l'Acad. 1757. p. 150.

5 S. POIRET in Journ. de Phys. T. LI. p. 292. T. LIII. p. 1. T. LV. p. 139. Im Ausz. in G. XIV. 469.

6 G. LXIII. 426.

Digitized by Google

beides fest zusammen, legte es in Stroh, welches gleichfalls
Sonnenhitze ausgesetzt gewesen war, und bedeckte das Ga
in einem Kessel befindlich, mit einem Federkissen. Ungea
tet im Versuchszimmer die Wärme nur 25° C. betrug, erhit
sich die Masse im Innern bedeutend, verbreitete einen bre
lichen Geruch, war am folgenden Tage im Innern verkohlt
brannte nach Wegnahme des Kissens mit heller Flamme.
ähnliche Weise mit Oel befeuchtete Sägespähne, in einem k
tunenen Sacke mit einer wollenen Decke und Stroh umgeb
nachdem dieses alles bis 44° C. in der Sonne erhitzt, zusamm
geballet, in einen Kessel gelegt und mit einem Federkissen bede
worden war, geriethen in Brand und loderten nach Wegnah
des zum Theil verkohlten Kissens mit Flamme auf. Als d
ses Pack mit Wasser gelöscht, dann aber auf eine trockne St
im Garten geworfen worden und bei 24° Temperatur der Luft
Mittagssonne ausgesetzt gewesen war, entzündete es sich ab
mals, woraus also die Möglichkeit solcher Selbstzündungen
genfällig hervorgeht.

128) Selbstzünder sind nirgend gefährlicher als in Pulv
fabriken, und es war daher eine wichtige Frage, ob Koh
deren man zum Schiefspulver in beträchtlicher Menge bed
so aufbewahrt, wie dieses für den gegebenen Zweck zu gesc
hen pflegt, sich freiwillig entzünden, um zugleich die Mi
kennen zu lernen, wodurch dieses verhütet wird. Veranlass
zur näheren Untersuchung der Sache gab die im Jahre 1799
der Pulverfabrik zu Essanne beobachtete, durch Robin[1]
schriebene Selbstentzündung des Kohlenpulvers im Beutelkas
als dieser geöffnet wurde. Zum Schiefspulver nimmt man
kanntlich nur Kohlen von weichem Holze, namentlich v
Faulbaum, und von dieser Art war auch das Kohlenpulver, w
ches im genannten Falle sich entzündete und selbst durch
gegossenes Wasser nicht gelöscht wurde, bis es mit ein
Besen untergetaucht war. B. G. Sage[2] meint, das Aufsau
der feuchten Luft gebe Veranlassung zu der Erhitzung, wodu
dann eine Zersetzung des Wassers und nachfolgende Entzü
dung herbeigeführt werde; auch erzählt er von Fällen, in
nen sich aufgeschüttete grofse Massen von Kohlen von sel

1 Ann. de Chim. T. XXXV. p. 93.
2 Journ. de Phys. 1807. p. 423. G. XXIX. 93.

Digitized by Google

entzündeten. Die genauesten Untersuchungen über diesen Gegenstand hat AUBERT[1] angestellt. Hiernach nimmt die mittelst Bronzekugeln sehr fein zerriebene Kohle, welche das Aussehen einer dickflüssigen Flüssigkeit hat, einen dreimal kleineren Raum ein, als in Stangen von 15 bis 16 Centim. Länge, absorbirt begierig Luft und erhöht dadurch ihre Wärme bis 170° oder 80° C. Hierdurch wird die Entzündung bewirkt, welche in der Mitte ungefähr 12 bis 15 Centim. unter der Oberfläche beginnt und in der geringen Leitungsfähigkeit der Umgebung ein bedeutendes Beförderungsmittel findet. Es mufs nothwendig eine gröfsere Masse vorhanden seyn, denn die schwarze, gut destillirte Kohle, die sich am leichtesten entzündet, mufs wenigstens 30 Kilogramm betragen, wenn eine Entzündung statt finden soll, die um so leichter entsteht, je kürzere Zeit zwischen Verkohlung und Zerreibung verfliefst, weil sonst in der längeren Zwischenzeit schon feuchte Luft absorbirt wird; der freier Zutritt der Luft überhaupt und zur Oberfläche der Kohle insbesondere ist nothwendige Bedingung. Der Zusatz von Schwefel und Salpeter hebt die Fähigkeit der Selbstentzündung auf, doch ist es rathsam, dieses Gemenge nicht in zu grofsen Quantitäten aufzubewahren, weil die Luftabsorption hier noch fortdauert, die demnach dennoch eine Entzündung herbeiführen könnte. Genau hiermit übereinstimmend sind die Erfahrungen und die Resultate der Versuche, welche WILLIAM MORFIELD[2] gemacht hat. Aus seiner 25jährigen Praxis in der Verladung von Kohlen führt er einige entscheidende Erfahrungen an, wonach die Kohlen gewifs nicht durch rückbleibendes Feuer, wie zuweilen gleichfalls sich ereignet, sondern durch eine von innen ausgehende Erhitzung sich entzündeten, wobei auch sehr wahrscheinlich der Umstand mitwirkte, dafs die verladenen Kohlen theilweise zu Pulver zerrieben waren. Nach seinen Versuchen erhitzten sich oberflächlich pulverisirte Kohle in kleineren Quantitäten jederzeit, aber nicht bis zur Temperatur des siedenden Wassers. Als aber gröfsere Haufen fein pulverisirter Kohle aufgehäuft lagen, entstand Entzündung nahe unter der Oberfläche, und bei einem Versuche trat diese ein,

---

[1] Ann. de Chim. et Phys. T. XLV. p. 73. Poggendorff's Ann. IX. 351. Im Auszuge in Philos. Mag. and Ann. N. S. T. IX. p. 148.
[2] London and Edinb. Philos. Mag. N. XIII, p. 1.

Digitized by Google

obgleich die ganze Masse mehrere Tage hindurch in einzel
Haufen der Luft ausgesetzt gelegen hatte; einige Tage n
dem Auslöschen des brennenden Theiles durch Wasser entst
abermals Entzündung in dem nämlichen Haufen[1]. Hadfie
sperrte Kohlenpulver unter Sauerstoffgas ab, fand aber ke
Absorption dieser Gasart und Erzeugung von Kohlensäure.

129) Unter die sich selbst entzündenden Körper gehö
unzweifelhaft vorzugsweise die so genannten *Selbstzünder* o
Pyrophore. Da hierüber schon in einem eigenen Artikel[2]
handelt und darin die Ursache des Entzündens angegeben worden
so wird es genügen, hier nur noch einige praktische Bem
kungen hinzuzufügen. Der gebräuchlichste Pyrophor, den
gewöhnlich zu bereiten pflegt, der sogenannte *Homberg's*
besteht dem Gewichte nach aus gleichen Theilen gebrann
Alaun, kohlensäuerlichem Kali (gereinigte Pottasche in n
feuchtem Zustande) und Kienrufs. Um ihn zu verfertigen,
hitzt man Alaunkrystalle in einem geeigneten metallenen
fäfse, in Ermangelung eines andern auf einer Ofenschau
Der Alaun blähet sich stark auf, das Wasser entweicht
Dampfform und man erhält zuletzt eine weifse, trockne, le
zerreibliche Masse, welche man in ein gehörig feines Pu
verwandelt und mit dem abgewogenen Kali und dem Kien
hinlänglich mengt. Am besten füllt man ein Medicinglas[3]
dünnem Glase, etwa 2 bis 3 Zoll hoch und 1 bis 1,5
weit, mit diesem Pulver zu $\frac{2}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ voll, setzt dieses in ei
Schmelztiegel und umgiebt es mit trocknem Sande bis
Mündung, setzt diesen Tiegel in einen Windofen und bri
ihn allmälig zum Glühen, welches man eine gehörige Zeit
terhalten mufs. Geschähe dieses allzulange, so würde die e
haltene Kohle gänzlich verbrennen und das Product unbrauch
seyn, doch ist dieses nicht leicht zu fürchten; meistens ist
geneigt, es zu früh zu unterbrechen, in welchem Falle der
rophor sich nicht entzündet. Meistens steigt anfangs etwas Ra
aus der Mündung des Glases, verschwindet aber, wenn
Glühen vollständig statt findet. Von dieser Zeit an mufs

1 Ueber die Entzündung der Kohle durch Reiben ist oben §.
geredet worden, da diese Erscheinung einer andern Classe angehö

2 S. Art. *Pyrophor.* Bd. VII. S. 1014.

3 Fürchtet man das Zerspringen des Glases, so thut auch
kleiner irdener Krug gute Dienste.

beachten, ob eine kurze hellbläuliche Flamme aus der Oeffnung des Glases aufsteigt, deren Beginnen man wahrnimmt, wenn man etwas bläst oder einen brennenden Spahn der Oeffnung nähert; das Flämmchen erlischt zuweilen und entzündet sich alsdann von selbst mit einer geringen, kaum hörbaren Explosion; auf jeden Fall kann man es 5 bis 10 Minuten brennen lassen. Alsdann mufs ein vorher eingepafster Kreidestöpsel bereit seyn, womit man die Oeffnung des Glases verschliefst; man entfernt die Kohlen, nimmt den Tiegel heraus, setzt ihn zur Verhütung des Springens an einem trocknen Orte auf einen Stein, und wenn er genügend erkaltet ist, steckt man statt des Kreidestöpsels einen Korkstöpsel auf, den man später gehörig fest eindrückt und mit Wachs oder Pech übergiefst, wenn man den Pyrophor länger aufheben will, da dieses ein und mehrere Jahre geschehen kann. Ein gut gerathener Pyrophor entzündet sich schon beim Ausschütten in der Luft, auf jeden Fall auf Papier oder Holz liegend beim Zutritte der feuchten Luft, und verbrennt vollständig zu Asche.

130) Homberg[1] nahm zufällig die Entzündung dieses nach ihm benannten Pyrophors wahr, als er Menschenkoth mit Alaun destillirt hatte, und Lemery[2] fand nachher, dafs alle viel Kohlenstoff enthaltende Körper, als Honig, Mehl, Zucker u. s. w., hierzu tauglich seyen, so wie Savigny[3] nachwies, dafs man auch andere schwefelsaure Salze, als Glaubersalz oder schwefelsaures Kali, dazu nehmen könne. Scheele und Bergmann gelangten durch ihre Untersuchungen zu dem richtigen Resultate, dafs das Alkali dabei eine wichtige Rolle spielt und man aus 1 Th. Alkali, 0,25 Schwefel und $\frac{1}{3}$ Kohlenstaub einen Pyrophor bereiten könne. Nach Silliman[5] geben 3 Th. Lampenrufs, 4 Th. calcinirter Alaun und 8 Th. Perlasche, gemengt und in einer eisernen, mit einem Kreidestöpsel verstopften, Röhre bis zum Rothglühen erhitzt, einen Pyrophor, welcher sich nicht blofs von selbst entzündet, sondern mit einem eisernen Stabe berührt sogar zuweilen eine Explosion, wie Schiefspulver, veranlafst.

---

1 Mém. de l'Acad. 1710. u. 1711.
2 Ebendaselbst. 1714. u. 1715.
3 Mém. presentés. T. III.
4 V. Crell's chem. Annalen 1786. Bd. I. Journ. de Phys. T. XXIX. p. 350.
5 Amer. Journ. of Sc. T. X. p. 367.

Digitized by Google

Aufser diesen sämmtlich auf fast gleichmäfsige Weise b
bereiteten Pyrophoren giebt es aber noch eine Menge Selbstzü
der, deren Bekanntwerdung das Feld der Untersuchung die
Entzündungen bedeutend erweitert hat[1]. Die älteren zum Th
falschen, zum Theil ungenügenden Erklärungen, z. B. von Schee
Bergmann, Lemery, Wiegleb, Göttling und Anderen, bez
hen sich zunächst nur auf den beschriebenen Homberg'sch
Pyrophor, und sind nebst eigenen Ansichten durch Gren[2] z
sammengestellt worden; nach Döbereiner[3] ist die Entzündung e
Folge des vorhandenen Kalis oder Natrons, welche in fein z
theiltem Zustande mit Schwefel und Kohle verbunden sich e
zünden, Berzelius[4] aber findet die Ursache darin, dafs von z
vereinten Körpern der eine den andern disponirt, sich
Sauerstoff zu verbinden, woraus dann die durch Cooper, A
fredson, Wöhler und Anderen erhaltenen Pyrophore aus Ko
und einem Metalle, namentlich Platin, Antimon u. a., erk
würden. Von grofser Wichtigkeit sind die genauen Unter
chungen von Gay-Lussac[5], woraus hervorgeht, dafs kein fr
Kalium oder Natrium vorhanden ist, weil durch Hinzukomm
von Wasser kein Wasserstoffgas frei wird. Nach ihm ist
Kohle kein nothwendiger Bestandtheil; denn 75 Gr. Alaun
3,33 Gr. Kienrufs, durch Weifsglühhitze in eine rothbra
Masse verwandelt, entzündeten sich ohne eine Spur vorhand
Kohle. Auch die Thonerde ist nicht nothwendig, denn 1 A
schwefels. Kali mit 3 At. schwefelsaurer Magnesia gegl
gab einen guten Pyrophor, und daher scheinen Thonerde
Magnesia nur zur besseren Zertheilung des Schwefelkaliums
dienen. Ein Gemenge aus 27,3 Gr. schwefelsaures Kali
7,5 Gr. Kohle geglühet gab keinen Pyrophor, als aber die d
pelte Quantität Kohle genommen worden war, zeigte sich eine
Gefahr verbundene Entzündlichkeit, wozu die Anwesenheit
feuchten Luft nicht erforderlich war, und ebenso verhielt s
ein Gemenge aus schwefelsaurem Natron mit Kienrufs.

---

1 Eine grofse Zahl wird beschrieben durch Proust im Journ.
Phys. T. XIII. p. 432. Uebers. in Gehlen's Journ. Th. VI. S. 365

2 System. Handbuch d. gesammten Chemie. Th. I. §. 787.

3 Schweigger's Journ. Th. XVI. S. 118.

4 Jahresbericht 1825. S. 70.

5 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXVII. p. 415. Poggendorff's A
XIII. 299.

grofse Entzündlichkeit dieser Pyrophore, verglichen mit der der gewöhnlichen, scheint von der stärkeren Vertheilung, von der Abwesenheit einer unwirksamen erdigen Substanz und ohne Zweifel von einer geringeren Menge von Schwefel abzuhängen. POGGENDORFF zeigt, indem er dieser Erklärung beitritt, zugleich, dafs sie auch auf die verschiedenen sonstigen Pyrophore Anwendung leidet, in denen das Brennbare aus fein vertheiltem Eisen, Nickel oder Kobalt besteht, z. B. die von MAGNUS[1] beschriebenen, wie gleichfalls nicht minder auf die Selbstentzündlichkeit der Uran-Metallsalze[2], des aus Realgar durch Kali ausscheidenden Schwefelarseniks[3] und des feingepulverten Fliegenkobalts[4]. Mit Recht erinnert POGGENDORFF zugleich an die Entzündung, die durch Verdichtung des Wasserstoffgases in Berührung mit fein vertheilten Metallen erzeugt wird, wohin die Pyrophore gehören mögen, die man durch Glühen von Platinsalmiak mit Korkspähnen, durch Zersetzung des weinsteinsauren Antimonammoniaks und durch Glühen von Grünspan mit Korkkohle in Wasserstoffgas erhält. Die Zahl der Pyrophore liefse sich leicht noch bedeutend vermehren, wenn man ihre Angaben darüber aufsuchen wollte. So erwähnt WALLER, dafs 2,5 Theile von ihres Krystallisationswassers beraubter Citronensäure, in einem trocknen Behälter genau gemengt mit 7 Th. vollkommen trocknem und pulverisirtem Bleiperoxyd, bald entzünden und lange lebhaft glühend bleiben. BÖTTGER wiederholte diese Versuche und dehnte sie auf andere organische Säuren aus, wobei er fand, dafs 5,25 Th. Bleiperoxyd mit einem Theil in heifser Luft getrockneter Oxalsäure auf gleiche Weise verbunden sich beinahe augenblicklich entzündeten, doch dauerte das Glühen kürzere Zeit, weil die Säure weniger Kohlenstoff enthält. Ein Atom Citronensäure, einige Male in Flufs erhalten, dann getrocknet und pulverisirt, dann schnell mit 2 Atomen Bleiperoxyd gemengt, entzündet sich sogleich und glühet geraume Zeit[5].

---

1 Poggendorff's Ann. III. 81.
2 Ebendaselbst I. 258. 267.
3 Ebendaselbst VII. 155.
4 Trommsdorff's Journ. 1794. Th. II. S. 179. BOULLAY in Journ. Pharm. 1827. p. 433.
5 Aus L'Institut 1837, März in London and Edinb. Phil. Mag. LXI. p. 319.

Digitized by Google

131) Unter die Classe der Selbstzündungen gehört au
ein im Ganzen glücklicherweise seltenes, aber doch schon
vorgekommenes Phänomen, nämlich das, ohne Hinzukomm
des Feuers von aufsen, vielmehr von innen ausgehende *Sell*
verbrennen der Menschen. Gänzliche Abwesenheit einer E
wirkung des Feuers von aufsen ist bei der hier zu betra
tenden Thatsache nothwendige Bedingung, weswegen man
viele Mühe gegeben hat, bei den einzelnen vorgekommenen Fä
den Beweis hierüber zu führen. Da solche Katastrophen se
sind, Feuerzeuge und Feuer aber zu den gewöhnlichsten U
gebungen der Menschen gehören, so war dieses allerdings
einigen Schwierigkeiten verbunden, es läfst sich aber annehm
dafs in einigen Fällen die Abwesenheit jedes äufserlich ein
kenden Feuers mindestens höchst wahrscheinlich, in ein
anderen Fällen völlig erwiesen war. Das Selbstverbrennen
Menschen besteht in einer von innen ausgehenden, mit äuf
lich auflodernder leichter Flamme verbundenen Zersetzung
weichen Theile des menschlichen Körpers, wodurch dies
eine höchst widerlich riechende, dickflüssige Jauche mit
rücklassung der härteren Knochen verwandelt werden, zuw
geht aber die Zersetzung nur bis zu einer schwärzenden
kohlung. Besonders sind Personen weiblichen Geschlechts
namentlich sehr corpulente, durch anhaltenden übermäfs
Genufs geistiger Getränke zerrüttete diesem Schicksal ausge
und es sollen aus dieser Ursache bei den Samojeden, die
Branntwein trinken, nach Malte-Brun[1] verhältnifsmäfsig
Fälle dieser Art vorkommen. Eins der ältesten bekan
Beispiele ist das der Gräfin Zangari[2], aufserdem aber erw
Marozzo[3] das der Gräfin Cornelia Bandi, welche bis
die Beine in Asche verwandelt wurde, so wie einer gew
Grace Pitt, bei welcher die Entzündung von dem In
der Eingeweide auszugehen schien, und eines gewissen
sters von Bergamo, welcher auf gleiche Weise verzehrt w
Diese und noch andere Beispiele hat Socquet[4] gesam
ausführlich aber ist dieser Gegenstand behandelt worden d

---

1 Précis de la Géographie universelle. T. V. p. 477.
2 Philos. Trans. 1731. N. 476.
3 Mém. de l'Acad. de Turin. T. III. p. 483.
4 Essay sur le Calorique. Par. An IX.

Digitized by Google

Lair[1] und Ritter[2], am vollständigsten durch J. H. Kopp[3], welcher die bis dahin bekannt gewordenen Fälle aufzählt und genauer beschreibt, so weit sie mit den begleitenden Umständen bekannt geworden sind. Ein sehr interessanter und genau constatirter Fall ist die Selbstverbrennung des Priesters G. Maria Bentholi aus Valere, welchen der Arzt Battaglia[4] beschrieben hat. Dieser Geistliche, weder corpulent, noch dem übermäfsigen Genusse geistiger Getränke ergeben, kam ermüdet von einer langen Fufstour an einem heifsen Tage bei einem Bekannten zum Uebernachten in Filetto an, wünschte einige Zeit allein zu seyn, um sich umzukleiden und sein Abendgebet zu verrichten, ehe er sich durch ein Nachtessen erquickte, und war daher allein in seinem Zimmer. Nach einiger Zeit hörte sein Gastwirth ein klägliches Geschrei desselben, ging zu ihm und fand ihn auf den Boden hingestreckt; er bemerkte eine leichte Flamme in der Gegend seiner Schultern, welche sogleich erlosch; doch war der rechte Hemdärmel verbrannt, aber die Weste, Unterbeinkleider und Haupthaar nicht einmalversengt, auch bemerkte man keinen widerlichen Geruch im Zimmer. Am folgenden Tage erzählte der Patient dem herbeigerufenen Arzte Battaglia von Ponte-Bosio, er habe einen plötzlichen Schlag, wie von einer Keule, auf den rechten Arm bekommen und dabei einen Feuerfunken an seinem Hemde gewahrt, wodurch dieses verbrannt sey. Die Haut des rechten Vorderarmes, die Integumente seines oberen Theiles und des Rückens bis zu den Lenden waren fast ganz vom Fleische abgelöset und hingen in Fetzen herab, die verletzten Stellen wurden schnell brandig, es trat Fieber mit Delirium ein, anhaltendes Erbrechen, fauliger Stuhlgang und am vierten Tage erfolgte der Tod mit Zeichen schneller Fäulnifs. Da sich eine Lampe in seinem Zimmer befand, so ist der Mangel jeder von aufsen einwirkenden Entzündung nicht gewifs, wie in dem ähnlichen Falle, welchen Scherf[5] erzählt. Ein 48 Jahre alter starker Branntweintrinker wurde

---

1 Essai sur les combust. hum. produites par l'abus des liqueurs fortes. Par. An VIII.

2 Ueber Selbstentzündungen. Hamb. 1804.

3 Ausführliche Darstellung der Selbstverbrennungen des menschl. Körpers. Frankf. 1811.

4 Fouquet Bibliothèque salutaire. Par. 1801.

5 Kopp's Jahrbuch der Staatsarzneikunde. 1815. S. 333.

Abends berauscht ins Bette gelegt, am andern Morgen al
fand man die unbedeckten Theile, das Gesicht, die rechte Ha
und die grofse Zehe des rechten Fufses verkohlt oder verzeh
alle vom Bette oder Kleidungsstücken bedeckten Theile
unversehrt. Bette und Decke hatten wenig gelitten, doch
letztere mit einer rufsigen, schmierigen Masse überzogen
das Zimmer mit einem undurchsichtigen stinkenden Dam
erfüllt. Ein anderes Beispiel ist das von einem Manne, w
cher leicht gekleidet in Hemdärmeln stand und plötzlich
Flamme am Mittelfinger seiner rechten Hand gewahrte, di
welche seine leinenen Beinkleider und nachher sein He
entzündet wurden, als er den Finger daran rieb. Die Perso
seiner Umgebung sandten zu einem Priester, um den vermei
lichen Teufel auszutreiben, dieser aber erklärte vernünftig,
der Fall vor den Arzt gehöre, und der Patient wurde gehe
Diesem ähnlich ist der Fall bei einem Mädchen, welche
ganzen Körper Hitze spürte, vorzüglich in der linken Hand, d
Temperatur während dessen stets höher war. Zweimal fing
Zeigefinger dieser Hand mit einer blauen, nur im Dunklen si
baren Flamme an zu brennen und verbreitete einen Ge
nach Schwefel. In Wasser getaucht schien die ganze
zu brennen (?), welche in die Schürze gewickelt, und al
aus einem fremden Hause nach ihrem eigenen zurückgeh
war, erst nach dem Eintauchen in Milch keine weitere
des Brennens zeigte. Später erhielt das Mädchen einige
tern an der inneren Seite dieser Hand, und als sie wegen
belbefindens in das Hospital ging, kehrte dort das Brennen
zweiten Male wieder; sie wurde indefs geheilt. Aeufsere
letzungen waren nicht angerichtet, auch zeigte sich keine
von Elektricität[2]. Die neuesten ausführlichen Untersuch
über diesen Gegenstand sind von Julia Fontenelle[3], w

---

1 Nouveau Journ. de Médec. 1822. Dec. Hufeland's Journ.
Juni. S. 119.

2 Aus Hecker's Zeitschrift 1825. Aug. in London medical
tory. T. III. p. 79. Vergl. Rudolphi Physiologie Th. I. S. 21
ganze Erzählung klingt übrigens etwas verdächtig, namentlich d
einem bei den niederen Volksclassen gangbaren Vorurtheile üb
stimmende Angabe, dafs das Brennen nicht durch Wasser, so
nur durch Milch gelöscht werden konnte.

3 Edinburgh New Phil. Journ. N. IX. p. 164.

jedoch die hier angegebene frühere Literatur nicht vollständig gekannt zu haben scheint. Nach seiner Ansicht trifft dieses Schicksal in der Regel nur bejahrte Personen, und bei einem Mädchen von 17 Jahren war die Verbrennung blofs partiell. Feuer sollen nur die innern Theile verbrennen, die Extremitäten aber meistens verschont bleiben, was jedoch mit andern Angaben nicht übereinstimmt; das Feuer soll ferner anderweitige sehr entzündliche Substanzen nicht ergreifen, wie namentlich in einem Zimmer der Fall gewesen seyn soll, worin zwei Personen zugleich verbrannten, — ein allerdings kaum glaubliches Zusammentreffen. Wasser scheint die Flamme eher zu verstärken, als auszulöschen, und nach dem Aufhören derselben beginnt erst die gänzliche Zersetzung von innen. Ferner sollen diese Verbrennungen im Winter häufiger seyn, als im Sommer, was theoretischen Gründen widerspricht, indem nicht blos das Leben, sondern auch alle Zersetzungsprocesse in der Wärme gesteigert sind, so dafs man glauben sollte, wenn auch solche Fälle im Winter häufiger vorkommen, sie doch nicht ohne Einflufs äufsern Feuers gewesen, womit man im Winter so vielseitig umgeben ist. Gegen die allgemeinen Selbstverbrennungsprocesse soll es endlich kein Mittel geben, wenn der Zersetzungsprocefs plötzlich eintritt und der Körper in wenigen Stunden gänzlich verzehrt wird, so dafs blofs fette Asche und eine stark widerlich riechende Jauche zurückbleibt; die partiellen aber, die blofs einzelne Glieder treffen, seien meistens geheilt oder sind mindestens nicht tödtlich.

132) Wenn die hier angegebenen, von so vielen verschiedenen Seiten her bestätigten Thatsachen, die Erhitzungen, Flammen, die Verwandlungen des ganzen menschlichen Körpers in eine stinkende Jauche u. s. w. gegründet sind, so unterliegt es keinem Zweifel, dafs diese Erscheinungen zur dritten Classe der Selbstzündungen gehören. Inzwischen meint Dupuytren [1], die Entzündung erfolge blofs durch äufserlich hinzukommendes Feuer, wobei dann die Jauche ein Ergebnifs des geschmolzenen Fettes sey, eine Ansicht, die mit den vielen glaubhaften Erzählungen sich nicht wohl vereinigen läfst. Lair, welcher die Erscheinung als Folge des gewohnheitsmäfsigen Genusses geistiger Getränke ansah, suchte die

1 Froriep Notizen. Th. XXVI. S. 300.

Ursache des seltsamen Phänomens in einer Entzündung d Weingeistes durch thierische Wärme. Marc, Korr und meisten Andern glauben, es entwickele sich viel Wasserstoffgas, welches durch Elektricität oder aufgelösten Phosphor entzündet werde; Fontanelle verwirft Beides und auch die Hypothese, dafs eine unverhältnifsmäfsig starke Verbindung mit Sauerstoff eintrete, weil keine aufserordentliche Hitze stattfinde und weder Kohle noch Ammoniak erzeugt werde, vielmehr hält er den ganzen Proceſs für eine Zersetzung der weichen animalischen Theile. H. F. Thyssen[1] leitet die Selbstverbrennung von Phosphorwasserstoffgas ab, zu welchem Sauerstoffgas aus den Lungen tritt; sie soll daher von der Brust ausgehn und der brennende Athem der Branntweintrinker daher erklärlich seyn, Dr. Bally[2] dagegen führt sie auf blofs Wasserstoffgas zurück, welches durch einen elektrischen Funken entzündet werde. Auf diese Idee führte ihn der Umstand, dafs er bei einer Section eines am Typhus verstorbenen Patienten eine Menge dieses Gases in den innern Höhlungen fand.

Vor allen Dingen mufs wohl bei diesen Erklärungen die Elektricität ganz aus dem Spiele bleiben, deren vermehrte Entbindung durch nichts bedingt, vielmehr bei fehlender Isolirung ganz unmöglich ist, so wie ein eigentlicher, zur Entzündung erforderlicher, elektrischer Funke. Abstrahiren wir hiervon, so wird durch den animalischen Lebensproceſs stets eine bedeutende Menge Wärme entwickelt, welche durch ungewöhnliche Energie leicht bis zu einem Grade gesteigert werden kann, wie er zur Entzündung der Pyrophore nach den angegebenen Beispielen erforderlich ist. Aufserdem gehört reichliche Entbindung von unreinem, kohlenstoff–, schwefel– und phosphorhaltigem Wasserstoffgas zu den nicht ungewöhnlichen Erscheinungen des menschlichen Lebensprocesses, weswegen Treviranus[3] das im Zellgewebe enthaltene Phosphorwasserstoffgas als wesentlich mitwirkend betrachtet, und da mit dem thierischen Leben die Aufnahme von Sauerstoffgas stets

---

1 Bydragen to de natuurkund. Wetenschappen. Amst. 1826. N. p. 214.

2 Gaz. méd. 1831. N. 2. Dublin Journ. N. IX. p. 311.

3 Biologie. T. V. p. 133.

bunden ist, so gehört eine Steigerung dieser Processe bis zu einem Grade, dafs im Anfange eine wirkliche Flamme erscheint und eine Zerstörung der sämmtlichen weichen Theile darauf folgt, keineswegs unter die nicht vorstellbaren Erscheinungen, die sich füglich den vielen Pyrophoren anreihen lassen.

133) Eine nicht geringe Menge von Körpern werden durch äufsere Ursachen, namentlich durch Erwärmung oder durch mechanischen Druck, vermocht, neue chemische Verbindungen unter Entbindung von Licht und Wärme einzugehn, zu unter andern namentlich die *detonirenden Substanzen* hören. Die bekannteste hier zu erwähnende Verbindung ist das gewöhnliche *Schiefspulver*, wovon jedoch bereits ausführlich gehandelt wurde[1], und es möge daher hier nur nachträglich bemerkt werden, dafs nach Ure[2] dasselbe bestehn soll

aus

76,2	Salpeter,	14,0	Kohle,	9,0	Schwefel,	0,5	Wasser,
77,4	—	13,5	—	8,5	—	0,6	—
76,7	—	12,5	—	9,0	—	1,1	—
77,0	—	13,5	—	8,0	—	0,8	—

in stöchiometrischen Verhältnissen aber aus 75,0 Salpeter, 17 Schwefel und 13,23 Kohle; das daraus entbundene Gas solle dann nach seiner Meinung einen 787,3mal so grofsen Raum einnehmen[3]. Hieran reihet sich das seit langen Zeiten

---

1 S. Art. *Schiefspulver*. Bd. VIII. S. 324.

2 Journ. of the Royal Inst. 1830. Oct. N. I. p. 121.

3 Bei einem so allgemein interessanten Gegenstande füge ich Folgendes hinzu. Gewifs ist, dafs Roger Baco (geb. 1216, gest. 1) in seinem Buche de nullitate magiae sagt, man könne nach Wahl Blitz und Donner erregen, wenn man Salpeter, Schwefel und Kohle vermenge. Vermuthlich machte Schwarz im Jahre 1300 den Gebrauch des Schiefspulvers den Venetianern bekannt, die sich dessen zuerst im Kriege gegen die Genuesen bedienten. In der Schlacht bei Chioggia 1343 waren 5 Kanonen.

Ueber die elastischen Flüssigkeiten, welche durch das Verbrennen des Schiefspulvers entwickelt werden und Ursache seiner Wurfkraft sind, giebt es viele ältere Untersuchungen, z. B. von Newton Princ. qu. X., Wolf, Boyle, Hawksbee, Mariotte, Papin, Jou. Amontons, de la Hire, Belidor, Saluce in Miscell. Taurin. T. I. p. 1 et T. II. p. 94. u. v. A. Eine ausführliche Erörterung seiner Kraft als Folge der erhitzten Luft und der Wasserdämpfe hat Van-Marum in Comm. Soc. Bonon. T. IV. p. 106 mitgetheilt. Hutton in

bekannte *Knallpulver*[1] (*Pulvis tonans;* poudre fulm nante), desgleichen die nach den enthaltenen Metallen nannten explodirenden Mischungen, das *Knallgold* (*Aur fulminans;* Or fulminant)[2], Howard's *Knallquecksilb* und Howard's, Brugnatelli's und Berthollet's s stärkeres *Knallsilber*[4] (*Argentum fulminans;* Argent f minant), nach den neuesten Untersuchungen sämmtlich genannte *knallsaure Salze.* Insbesondere giebt das *chlorsa Kali,* anfangs *hyperoxygenirt-salzsaures Kali* genannt, Menge Verbindungen, welche durch chemische Zersetzung durch mechanischen Druck sich entzünden und meistens detoniren[5]. Am auffallendsten zeigt sich dieses, wenn dünne Plättchen Phosphor mit chlorsaurem Kali bestreuet auf einem Ambos liegend mit einem schweren Hammer schl Die mit furchtbarem Knalle verbundene heftige Explosion eine Folge davon, dafs der Phosphor mit dem entbund Sauerstoffgas verbrennt und Chlorphosphor gebildet wird. Versuch ist zwar imposant und wegen der momentan e genden, unerwartet heftigen Verbindung mit Erzeugung

---

Tracts T. III. p. 201 giebt an, dafs nach Robins der Raum de dem Pulver entwickelten elast. Flüssigkeiten 244mal der des Pu sey; durch Glühhitze würden diese dann $4\frac{1}{11}$mal ausgedehnt, und ben daher eine Kraft von $244 \times 4\frac{1}{11} = 998$ oder in runder Zahl 1000 Atmosphären. Die neuern Untersuchungen geben hierüber nauere Resultate. Salzen Vers. über d. Schiefspulver. Carlsr. S. 18 erhielt aus 0,25 Gr. Schiefspulver, wovon 350 Körner wogen, 0,19 Cub. Z. Gas, aus 0,09 Kohlensäure, 0,04 Sauerstoffga 0,03 Stickgas bestehend.

1 S. Art. *Kalium.* Bd. V. S. 840. Vergl. Ingenhouss vermi Schriften. Th. I. S. 335.

2 S. Art. *Gold.* Bd. IV. S. 1610.

3 S. Art. *Quecksilber.* Bd. VII. S. 1021. Vergl. Gmelin's H buch d. Chemie. Th. I. S. 1316.

4 S. Art. *Silber.* Bd. VIII. S. 799. Vergl. Gmelin's Handb Th. I. S. 1352 u. 1357.

5 S. Art. *Kalium.* Bd. V. S. 841. Die Zahl der auf diese W sich entzündenden Substanzen liefse sich noch bedeutend vermeh wenn es der Mühe werth wäre, die einzelnen aufzusuchen. So zünden sich 3 Th. braunes Bleioxyd mit 1 Th. Schwefel nach quelin in Ann. de Chim. T. LXII. p. 221, wenn sie heftig in e Mörser gerieben werden; auch entzündet sich jenes Oxyd nach V in schwefligsaurem Gas. S. Kastner's Archiv. Th. IV. S. 436.

Land Hessen eine gleiche Verfassung. Alle sind nur gültig, wenn sie nicht gegen Bundesrecht verstoßen. Die Verfassung Hessens hat Ähnlichkeit mit der Preußens, aber auch mit der Belgiens und Frankreichs. Sie ist nicht so demokratisch gehalten, wie die der vier nun genannten, weil sie nicht nur die Volksvertretung, sondern auch den Landesherrn als Gesetzgeber anerkennt. Sie ist aber demokratischer als die Preußens, weil sie die Volksvertretung nicht nur zu Steuergesetzen, sondern zu allen Gesetzen zustimmen läßt. Sie ist demokratischer als die Verfassung Belgiens, weil sie nicht nur die Volksvertretung, sondern auch den Landesherrn als Gesetzgeber anerkennt. Sie ist demokratischer als die Verfassung Frankreichs, weil sie nicht nur die Volksvertretung, sondern auch den Landesherrn als Gesetzgeber anerkennt. Sie ist demokratischer als die Verfassung Preußens, weil sie nicht nur die Volksvertretung, sondern auch den Landesherrn als Gesetzgeber anerkenn

chen. Die *Knallkügelchen*, deren man sich bei den Perc sionsschlössern bedient, bestehn aus 100 Th. chlorsaurem K 12 Th. Schwefel und 10 Th. Kohlenpulver oder aus 100 des Salzes, 42 Th. Salpeter, 36 Th. Schwefel und 14 The Hexenmehl. Man bedient sich aufserdem häufig der *Zündh chen*, kleiner Hütchen von sehr dünnem Kupfer, in wel ein Tropfen Knallquecksilber mit etwas Benzoe oder ein sonstigen Bindemittel vereint gebracht ist[1]. Die jetzt all mein bekannten und in unermefslicher Menge fabrikmä verfertigten sogenannten *chemischen Zündhölzchen* sind zweierlei Art, entweder solche, die in etwas Schwefelsä getaucht oder leicht damit benetzt durch chemische Zersetz sich entzünden, oder die etwa seit 1835 weit mehr gebräu lichen, die durch Reiben in Brand gesetzt werden. Die wöhnliche Beschaffenheit der erstern ist bereits[2] angegeben w den, sie haben die Unbequemlichkeit, dafs das stets erforde che Gläschen mit Schwefelsäure leicht Sachen beschädigt, w man es nicht vorsichtig aufbewahrt; aufserdem aber zieht Schwefelsäure, welche nur in kleiner Quantität vorhanden s darf, wobei man noch aufserdem in das Gläschen Kiess oder besser Asbest bringt und diese mit der Schwefelsä tränkt, begierig Wasser aus der Luft an und wird dadu zur Erregung der Entzündung untauglich. Hierin liegt hau sächlich der Grund, dafs diese Art Feuerzeuge sobald fast g aufser Gebrauch gekommen ist. Sehr brauchbar, aber zu ko spielig sind die Zündhölzchen, welche Sam. Jones[3] in V schlag gebracht hat. Sie bestehn aus kleinen Glaskügelch in denen eine geringe Quantität Schwefelsäure enthalten Diese sind mit der Mengung der chemischen Zündhölzch umgeben, dann mit einem Streifen Papier oder dem Ende ei Dochtes umwickelt, und die Entzündung erfolgt durch das Z schlagen des Kügelchens. Bei den neuerdings am meisten bräuchlichen Zündhölzchen ist Phosphor diejenige Subst

---

1 Vergl. P. W. Schmidt in Schweigger's Journ. Th. XLI. S. E. G. Wright scheint sie zuerst angewandt zu haben. S. G. LXX 73. Ausführliche Untersuchungen über die Bestandtheile der Zü pulver und die für sie geeigneten Schlösser von Karmarsch findet n in den Jahrbüchern des Wiener polytechnischen Instit. Th. XII. S.

2 S. Art. *Kalium*. Bd. V. S. 4.

3 Repertory of Patent Inventions. 1829. Mart. p. 147.

Digitized by Google

welche das Entzünden bewirkt. Um die Entzündbarkeit desselben zu verstärken, befindet er sich im Zustande feiner Verteilung, ist daneben mit Körpern verbunden, welchen die Entzündung leicht mitgetheilt wird, und mit andern harten und rauhen, welche die entzündliche Wirkung des Reibens vermehren. Diese letztern Bestandtheile werden von den Fabrikanten verschieden gewählt. Der *detonirenden Mischungen* überhaupt giebt es eine aufserordentliche Menge, welche hier alle namhaft zu machen nicht zweckmäfsig seyn dürfte, und es mag daher die Angabe nur einiger der interessantesten und am meisten in Anwendung kommenden Verbindungen genügen. Wenn man nach Döbereiner[1] zwei Theile salpetersaures Zinkoxyd und einen Theil essigsaures Kobaltoxydul mengt und das Gemenge entweder in einer kurzhalsigen Glaskugel oder in einem Platinlöffel dem Feuer einer Weingeistlampe aussetzt, so wird dasselbe schnell flüssig und erscheint zuerst rosenroth, dann purpurfarben, dann blau, und geht endlich unter plötzlicher glimmender Verpuffung in den trocknen grünfarbigen Zustand über, wobei die ganze Masse gleich einem kleinen Vulcane aus dem Gefäfse geschleudert wird. Die Kenntnifs anderer Beispiele bietet das Studium der Chemie in Menge.

134) Eine eigenthümliche Art der Wärmeentwickelung bis zur eigentlichen Entzündung findet bei dem nach seinem Erfinder Döbereiner benannten *Platinsalmiak* statt, die hier um so mehr angereiht zu werden verdient, je sicherer jetzt wohl anzunehmen ist, dafs die Entzündung auf einer Verdichtung der chemischen Bindung beruht, und nicht auf elektrischem Verhalten, wie einige Physiker anzunehmen geneigt waren. Ueber die Erfindung selbst, die im Jahre 1823 gemacht wurde, und wie man dieselbe sogleich zu einer eigenthümlichen Art von Feuerzeug anwandte, ist bereits berichtet[2], auch ist die Bereitung des sogenannten *Platinschwammes* oder *Platinsalmiaks*, lose zusammengeballeter feiner Partikelchen regulinischen Platins, angegeben worden[3], und es kann daher hier nur von

---

1 G. LXXIV. 274.

2 S. Art. *Lampe.* Bd. VI. S. 86.

3 S. Art. *Platin.* Bd. VII. S. 590. Nach Fleischl in Schweigger's Journ. Th. XXXIX. S. 351 kommt auch geglühetes Palladiumcyanit im Wasserstoffgasstrome zum Glühen.

der Ursache dieser Erscheinung die Rede seyn, um zu bestim
men, unter welche Classe von Wärmeerzeugungen diese sp
cielle Art gehört und inwiefern sie sich mit der allgemein
Wärmetheorie vereinigen läfst. Zuvor verdient hier bemä
zu werden, dafs auch das sogenannte *Platinmohr* oder L
BIG's *Platinschwarz*[1] und das *Iridmohr* ähnliche Erhitzung
zeigen[2], die zunächst unter die später (§. 138) zu erwähn
den Wärmeentbindungen gehören. Nach PLEISCHL[3] gi
Löschpapier in salzsaure Platinauflösung getaucht und verbra
eine Asche, welche noch besser als Platinschwamm zün
soll. Nach DE LA RIVE und MARCET[4] findet die Fähig
zu entzünden noch statt bei — 20° C., es wird aber läng
Zeit erfordert, bis die Entzündung erfolgt, und sie hört u
— 20° C. ganz auf; *Palladium*, auf gleiche Weise berei
bewirkt die Entzündung des Knallgases fast gleich stark, G
aber mufs eine Temperatur von 50° C. haben, wenn es d
Wirkung hervorbringen soll, die beim Platin nie aufhört.
Ursache der Entzündung des Knallgases durch diese Subst
zen setzten die genannten Gelehrten in die starke Verdicht
namentlich des Wasserstoffgases durch dieselben, in deren F
Wärme ausgeschieden und die Verbindung mit Sauerstof
eingeleitet wird, die mit zunehmender Hitze wächst, bis E
zündung erfolgt, ,später aber meinte DE LA RIVE[5], die Urs
liege in dem schnellen Wechseln der Oxydation und der
duction der Oberfläche des Metalles, wie dieses auch bei
Lampe ohne Flamme der Fall sey. G. G. SCHMIDT[6] me
es sey dadurch, dafs das Platin in der Reihe der negativ el
trischen Körper eine der ersten Stellen einnimmt, der Was
stoff aber in der der positiv elektrischen, schon eine st
Wahlanziehung beider bedingt. Wenn aber diese elektris
Anziehung zugleich durch die physische Adhäsionskraft in F
der lockern und porösen, viele Oberfläche und Spitzen dar
tenden Form der Körper erhöht werde, so müsse die an

---

1 Poggendorff's Ann. XVII. 106.

2 DÖBEREINER in Schweigger-Seidel n. Jahrb. Th. III. S.
u. 466.

3 Biblioth. univ. T. XXV. p. 122.

4 Mém. de la Soc. de Génève. T. II. P. II. p. 240.

5 L'Institut. 1838. N. 260.

6 Hand- und Lehrbuch der Naturlehre. Giefs. 1826. S. 353.

Digitized by Google

gende Verdichtung der Gase und die dadurch frei werdende Wärme die chemische Wechselwirkung der Gase so sehr erhöhn, dafs sie sich zu Wasser vereinigen und ihre latente Wärme frei lassen. Dafs keine mefsbare Elektricität hierbei wahrnehmbar wird, darf, wie Schmidt meint, nicht befremden, da nach Becquerel bei allen chemischen Actionen nur äufserst geringe Elektricität zum Vorschein kommt; allein abgesehn davon, dafs es doch nothwendig unwahrscheinlich seyn mufs, wenn die hierbei als Hauptursache wirkende Elektricität nicht wahrnehmbar seyn sollte, darf zugleich das elektrochemische Verhalten zwischen dem Sauerstoff und Wasserstoff nicht übersehn werden, insofern die positive Elektricität des Wasserstoffgases auf die negative des Sauerstoffgases um so weniger wirken könnte, je mehr sie durch die des Platins bereits gebunden wäre, wodurch dann die nothwendige Bedingung des Verbrennens wegfallen würde. Inzwischen hat Liebig diese Hypothese direct widerlegt. Zuvörderst verdichtet nicht blofs der Platinschwamm das Wasserstoffgas durch Absorption, sondern eben dieses geschieht auch durch die Kohle aus Ammoniakgas und salzsaurem Gas, welche beide einander nachtheilig ihrer Elektricität ganz entgegengesetzt sind; das Verhalten der Kohle ist aber dem des Platinschwammes auch diesem höchst ähnlich, als nach den Versuchen Thénard's jene der Kohle, welche Schwefelwasserstoffgas und Sauerstoffgas absorbirt hat, Wasser gebildet und Schwefel abgesetzt wird. Endlich kommt noch der Umstand hinzu, dafs nicht Platin allein, sondern auch andere Metalle, fein zertheiltes Glas und Porcellan die nämliche, wenn auch durch höhere Temperatur bewirkte Wirkung hervorbringen. Dagegen zeigt Liebig überzeugend, dafs der Platinschwamm zwar, wie die ausgeglühte Holzkohle, die Eigenschaft besitze, die Gase zu verdichten, auch in einem ungleich höhern Grade. Nach Döbereiner[2] verdichten 100 Gran Platinschwamm 20 Kubikzoll Wasserstoff-

---

1 Poggendorff's Ann. XVII. 112.

2 Nach einer spätern Beobachtung dieses Gelehrten nehmen fein zertheiltes Platin und Iridium beim Trocknen an der Luft das 200- bis 250fache ihres Volumens Sauerstoffgas auf, ohne sich chemisch damit zu verbinden, und verdichten es mit einer Kraft von 800 bis 1000 Atmosphären, woraus die Entzündung leicht erklärbar wird. Poggendorff's Ann. XXXI. 512.

Digitized by Google

gas. Nimmt man hiervon nur 15, indem die übrigen 5
Rechnung des Sauerstoffgases gebracht werden, welches, vo
aus der Luft absorbirt war und mit dem Wasserstoffgas W
ser gebildet hatte, und wird hiernach das Volumen des W
serstoffgases mit dem Volumen des Platinschwammes, das n
lere spec. Gewicht des letztern zu 16 angenommen, ver
chen, so erhält man das ungeheure Volumen von 728 Ku
zoll Wasserstoffgas, die durch 1 Kubikzoll Platinschw
verdichtet werden, woraus dann die bis zur Glühhitze
gende Erwärmung von selbst hervorgeht, wenn noch obene
die geringe Wärmecapacität des Platins in Anschlag geb
wird.

b) Das Verbrennen oder das sogenannte Küch feuer.

Es liefsen sich hieran sofort andere, wegen ihrer gr
Aehnlichkeit kaum zu trennende, Erscheinungen knüpfen,
lein da sie gleich nahe einer andern Classe von Phänom
zugehören, so wollen wir sie in diesen neuen Abschnitt
überziehn. Ueberhaupt sind in der Natur keine scharfen
grenzungen vorhanden und die Anordnung unter einzelne
theilungen dient daher blofs dazu, die Sache übersichtliche
machen und ihre Auffassung zu erleichtern. Zudem haben
die Frage noch nicht erörtert, ob die Phänomene der Wä
erzeugung durch Chemismus wirklich unter eine beson
Classe zu ordnen sind oder vielmehr der allgemeinen ang
ren, welche die Wärmeerzeugung durch Verdichtung
schliefst.

135) Der Begriff, den wir mit dem Ausdruck *Verbre*
verbinden, ist oben angegeben worden, und die Richtigkeit d
Bestimmung, nämlich einer energischen Verbindung von K
pern mit Ausscheidung von Licht und Wärme, unterliegt
keinem eigentlichen Zweifel. Stellen wir denselben in d
Allgemeinheit auf, so gehören alle die angegebenen Proc
wobei Licht und Wärme ausgeschieden werden, unter eine
meinschaftliche Classe, ja sofern die Lichtentwickelung nu
nen höhern Grad von Wärmeerzeugung, einer bis zum Gl
gesteigerten, voraussetzt, hierdurch aber eine Grenze zu z
keineswegs nothwendig ist, und da man ohnehin selbst

Digitized by Google

Procels der thierischen Wärmeentwickelung mehrfach als ein langsames Verbrennen betrachten wollte, so würden alle bisher genannten Phänomene der Wärmeerzeugung durch Verbindung von zwei oder mehrern Körpern unter die allgemeine Classe der Verbrennungen zu zählen seyn, was in rein wissenschaftlicher Hinsicht wohl nicht verwerflich wäre. Dem Sprachgebrauche nach versteht man aber unter Verbrennungsprocessen in engerer Bedeutung nur diejenigen, wobei der eine oder beide genannte Körper insofern zerstört werden, als sie ihre wesentlichen Eigenschaften verlieren und zur Erzeugung eines oder mehrerer anderer Körper von abweichender Beschaffenheit dienen. Nehmen wir den Ausdruck in noch engerer Bedeutung, so bezeichnet man durch Verbrennen *diejenigen Phänomene, bei denen irgend eine Basis durch Sauerstoff gesäuert wird, wobei zugleich der Proceſs der Verbindung oder Säuerung unter Erzeugung von Wärme und meistens auch von Licht* [1] *stattfindet ist*[1]. Beschränken wir uns blofs auf die hierher

---

1 Dafs eine scharfe Begrenzung unstatthaft sey, ergiebt sich augenscheinlich durch Nebeneinanderstellung einiger Thatsachen. Wenn man eine Uhrfeder oder einen Stahldraht unten zuspitzt, mit einem brennenden entzündeten Schwammes versieht und in eine Flasche mit Sauerstoffgas senkt, so tritt ein rasches Verbrennen mit Funkensprühen ein; eben dieses erfolgt auch in einer Flasche mit erwärmtem Chlorgas, und man mufs daher auch dieses Phänomen als ein wirkliches Verbrennen betrachten, ungeachtet kein Sauerstoffgas vorhanden ist. Hierher gehören ferner die zahlreichen Versuche, welche H. Davy über Verbindungen des Chlors mit verschiedenen Metallen angestellt hat, s. Philos. Trans. 1811, daraus in Schweigger's Journ. Th. III. S. 205, gleichen die von L. A. v. Meerten und S. Strating über das Verbrennen der Metalle und sonstiger Substanzen in diesem Gase. S. Schweigger's Journ. Th. III. S. 437. Auch auf Phosphor wirkt das Chlor auf gleiche Weise, und vertritt also das Sauerstoffgas. Apparate zu diesen Versuchen findet man beschrieben in: Laboratorium Taf. XXV. Taf. 100. Ebenso mufs die durch Berzelius in G. XXXVII. angegebene Verbindung des Schwefels mit Kupfer in den von ihm mitgetheilten Versuchen, welche beiläufig mit den im J. 1793 von den schwedischen Physikern angestellten identisch sind, s. v. Crell's Chem. Ann. 1793. P. II. S. 583, als ein wirkliches Verbrennen betrachtet werden. Beim Glühen von Kupferblechen mit Schwefel in einer Retorte ging die Verbindung beider Körper noch vor Eintritt der Rothglühe so vor sich, als wenn das Metall in Sauerstoffgas verbrannt worden wäre. Auf ähnliche Weise sah Hahn Eisendraht in Schwefeldampf mit lebhafter Flamme sich in Schwefeleisen verwandeln. Er füllte Schwe-

gehörigen Phänomene, so ist deren Zahl so ungemein gr
sie sind so vielseitig bedingt und so vielfach modificirt,
sie allerdings die ihnen hier bestimmte nähere Betrachtung
dienen. Wir wollen daher von diesem Standpuncte aus
Bedingungen des Verbrennens in diesem engern Sinne nä
kennen lernen.

136) *a*) Die erste wesentliche Bedingung des Verbrenn
ist die gröfsere oder geringere *Verwandtschaft zum Sauers*
die zwar zugleich sehr von der Temperatur abhängt, d
wollen wir den Einflufs der letztern für sich betrachten.
Abhängigkeit des Verbrennens von der Verwandtschaft
Körper zum Sauerstoff zeigt sich nach H. Davy[1] durch
genden Versuch. Wenn man in eine Flasche mit langem
gen Halse eine brennende Wachskerze senkt, so wird sie
ausgehn und keine andere wegen Mangels an Sauerstoffgas d
weiter brennen. Senkt man demnächst eine enge Röhre
einem Strome brennenden Wasserstoffgases hinein, so wird d
noch eine Zeit lang brennen und dann aus gleicher Urs
erlöschen. Dennoch brennt Schwefel auch nachher darin
was, und wenn dieser erloschen ist, noch Phosphor mit
nigem Lichte. Welche Körper die gröfste Verwandtschaft
Sauerstoff haben und in welcher Reihenfolge diese abnin
dürfte schwer zu bestimmen seyn, sofern hierbei die W
von grofsem Einflufs ist, indem namentlich das Eisen in
ker Glühhitze dem Kali seinen Sauerstoff entzieht, obgleic
in niedrigerer Temperatur das Wasser nicht zersetzt, was d
Kalium geschieht; inzwischen kommt es hier auf eine sch
Grenzscheidung nicht an, sofern sich in mittlerer Temperatur
gröfsere Verwandtschaft zu Sauerstoff und die hierdurch
dingte leichtere Verbrennung auffallend herausstellt. Zu den
leichtesten verbrennenden Körpern gehören die Metalloide,
Kalium und *Natrium*, die schwer oder gar nicht reducirb
Metalle, als Magnium, die zum Theil noch nicht für sich

---

fel in einen Flintenlauf, brachte das untere Ende desselben zum
hen, verschlofs das obere Ende mit einem Korke oder blies hi
es wurde dadurch ein Strom Schwefeldampf aus dem Zündloche
trieben und ein Bündel hineingehaltenen Eisendrahtes verbrannte
genblicklich. S. Philos. Magaz. 1824. Apr. p. 245.

1 Philos. Trans. 1817. p. 63.

Digitized by Google

gestellten Grundlagen der Erden, das Boron und andere. Setzt
an ein Stück Kalium dem Zutritte der atmosphärischen Luft
us, so nimmt es sofort Sauerstoffgas auf, allein nicht schnell
nug, um bis zum Brennen erhitzt zu werden, wirft man es
er auf Wasser, so zersetzt es dieses so lebhaft, dafs es mit
iner röthlich violetten Farbe unter heftiger Bewegung schnell
verbrennt.

137) Zu den starke Verwandtschaft zum Sauerstoff zei-
enden Körpern gehört vorzüglich auch der *Phosphor*, welcher
der Luft liegend selbst bei einer Temperatur von 7° C. Sauer-
offgas aufnimmt, damit phosphorige Säure bildet und, indem
ese als weifser Dampf aufsteigt, mit schwachem, nur im
unkeln wahrnehmbaren Lichte so lange verzehrt wird, bis
ie ihn umgebende Säure den Zutritt der Luft hindert. Die
Wärmeerzeugung ist hierbei schwach (§. 166), weil die ent-
ehende Wärme zur Erzeugung der Dampfform der gebildeten
äure verwandt wird. Man kann daher ohne Gefahr bei nicht
hoher Temperatur, die eine Entzündung der ganzen Phos-
orstange verursachen und eine gefährliche Verletzung der
ände nach sich ziehn könnte, Hände und Gesicht mit Phos-
or reiben, so dafs weifser Dampf aufsteigt und im Dunkeln
s helles Leuchten wahrnehmbar wird. Uebrigens entzündet
der Phosphor leicht durch Reiben an rauhen Flächen, wol-
en Zeuchen, gesandeltem Papiere u. s. w. und theilt dann
Entzündung leicht verbrennlichen Körpern mit, weswegen
ihn zu *Zündhölzchen* verwendet. Die Mischungen, welche
as eine Ende der tannenen Stäbchen angebracht sind, um
Entzünden durch Reiben am gewöhnlichen Fufsboden, an
Schuhsohlen, an der Wand, selbst wenn sie tapezirt ist,
stens aber an einem durch Sandelung rauh gemachten Theile
zum Einschliefsen der Hölzchen dienenden Feuerzeuge her-
ubringen, werden von den Fabricanten verschieden ge-
ht und die meisten machen ein Geheimnifs daraus, im
sentlichen aber kommt es darauf an, dafs der Phosphor fein
eilt sey, weil er die kostbarste Substanz bei diesen höchst
feilen Fabricaten ist und dann zugleich besser zündet.
stens taucht man daher die Enden der Hölzchen in ge-
chwefelten Schwefel und nachher in die zum Anhalten vor-
r leicht erwärmte zündende Mischung, welche im Wesentli-
en aus Phosphor und Benzoe besteht. Der entzündete Phos-

Digitized by Google

phor setzt den Schwefel in Brand und dieser das Holz, v breitet aber einen unangenehmen Geruch, und man läfst daher bei den bessern weg, die deswegen geruchlose o wohlriechende heifsen. Eine geeignete Mischung, die ich gegeben finde[1], besteht aus 1 Th. trocknes Korkfeilicht, 1 gelbes Wachs, 8 Th. gewöhnliches Petroleum und 4 Th. Ph phor. Ist der geschmolzene Phosphor wieder erkaltet nimmt man mit einem Schwefelhölzchen etwas von di Masse heraus, so erfolgt Entzündung des fein vertheilten Ph phors. Diese neuern, ungleich bequemern Feuerzeuge ha die ältern, obendrein etwas gefährlichen, verdrängt, nament das sogenannte *tragbare Feuer* und die *Turiner Kerzen.* steres ist ein Fläschchen mit Eisenfeilicht, Sand und Knoch asche, oben mit einer dünnen Schicht fest angedrückten Ph phors, auf welcher man den in ein Pulver von Schwefel Bärlappsamen getauchten Docht einer Kerze reibt, die letzte von Paibla in Turin erfunden[2], sind dünne, polirte Wa kerzen, die in einer oben und unten zugeschmolzenen G röhre stecken, in welche man zuvor etwas Phosphor Schwefel gebracht hat. Beim Gebrauche zerbricht man Röhre und zieht die Kerze heraus, die sich durch das I reifsen ihres mit der brennbaren Mischung vereinten Doc entzündet, auch erfolgt dieses mehrmals nach einander, w man die Kerze schnell wieder in die Röhre steckt, jedoch so lange, bis der Phosphor verzehrt ist. Nach Driess entzündet sich der Phosphor, wenn er an der Oberfläche et oxydirt ist, beim Zutritt atmosphärischer Luft selbst in einer K unter dem Gefrierpuncte. Hiernach werden Feuerzeuge be tet, indem man etwas Phosphor in einem Gläschen sich z zünden läfst, das Gläschen aber sofort durch einen ge schliefsenden, mit etwas Unschlitt überstrichenen Glasstö verschliefst, in einer eisernen Büchse verwahrt und beim brauche nur kurze Zeit geöffnet läfst. Nimmt man mit ei Schwefelhölzchen etwas Phosphor heraus, so entzündet dieser sogleich beim Zutritt der Luft; doch steht die Ge

---

1 Schweigger's Journ. 1830. St. 111. S. 129.

2 V. Crell's neueste Entdeckungen. Th. IX. S. 88. Ingenh verm. Schr. von Molitor. Th. I. S. 228.

3 G. LIX. 255.

Digitized by Google

der Aufbewahrung einer so leicht feuerfangenden Substanz und der üble Geruch bei vorhandenen bessern Mitteln dem praktischen Gebrauche entgegen. Phosphor verbindet sich in gewöhnlicher Temperatur mit Iod unter beträchtlicher Wärmeentbindung, die häufig eine Entzündung zur Folge hat[1], und Cesar Gozzaniga[2] findet es auffallend, dafs diese auch bei — 12°,5 C. erfolgen kann, welche Meinung jedoch Andere[3] nicht theilen.

Eine merkwürdige Erfahrung machte van Marum[4] bereits im Jahre 1794, dafs nämlich Phosphor lose in Baumwolle gewickelt und mit Harzpulver bestreuet unter der Campane einer Luftpumpe beim Exantliren sich entzündet, und zwar wenn das Vacuum bis auf 1 Zoll oder einen halben Zoll hergestellt ist, indem zuerst ein etwas stärkeres Leuchten und dann ein Verbrennen eintritt, welches sich nach dem Wiedereinlassen von etwas Luft erneuert, wenn es durch Mangel an vorhandenem Sauerstoffgas aufgehört hat. Später machte van Bemmelen[5] die Resultate seiner Versuche bekannt, welche, wie die durch Koning[6] erhaltenen, mit denen des ersten Entdeckers genau übereinstimmen, denn Beide erhielten die Entzündung nur dann, wenn die kleinen Phosphorstangen in Baumwolle nicht eingewickelt und mit Harzstaub oder Schwefelpulver bestreuet waren, oder wenn die Bestreuung auch ohne Baumwolle statt fand. Neuerdings wiederholte Bache[7] diese Versuche, und erhielt die Entzündung auch ohne Baumwolle und Bestreuung mit Harz- oder Schwefelpulver, leichter erfolgte sie jedoch bei der Anwendung dieser und anderer theils metallischer, theils nicht metallischer Körper.

---

1 Traill in Ann. of Phil. T. VIII. p. 153.

2 Annali di Scienze del Regno Lomb. Ven. 1833.

3 S. Biblioth. univ. 1833. Oct. p. 130.

4 Kastelein chemische Oefeningen. T. III. p. 249. V. Marum description de quelques Appareils chimiques du Musée de Teyler. T. X. p. 40, daraus in Ann. de Chim. T. XXI. p. 158 u. in Gren Journ. Th. III. S. 96. Gehlen's Journ. Th. I. S. 144. Th. II. S. 252.

5 G. LIX. 268.

6 Nieuive Verhandelingen van Zeeuwsch Genootschap. T. IV. P. 2.

7 Silliman Amer. Journ. of Sc. N. XXXVIII. p. 372. Edinb. Journ. of Science. New Ser. N. VIII. p. 370.

Man hat mehrseitig Schwierigkeiten gefunden, die ein genügenden Erklärung dieses Phänomens entgegenstehn, u die sich auf den ersten Anblick darbieten, wenn man von e nem anderweitig richtigen Grundsatze ausgeht, dafs die vo handene gröfsere Menge von Sauerstoffgas das Brennen befö dert, mithin die verdünnte Luft einen geringern Antheil de selben darbietet und einen entgegengesetzten Effect herv bringen mufs; allein schon VAN MARUM betrachtete die Sac aus dem richtigen Gesichtspuncte, dafs zwar diese Hinderni des Verbrennens allerdings vorhanden sind, aber durch and sich neu erzeugende Beförderungsmittel bedeutend überwog werden. Der Phosphor verdampft schon bei mittlerer Temp ratur[1], diese Verdampfung erfolgt aber im luftverdünnten Ra me nicht blofs leichter, sondern der Dampf ist auch we schneller Ausbreitung dünner, die darin enthaltenen Partik chen sind kleiner, bieten dem geringen Antheil des vorhan nen Sauerstoffgases verhältnifsmäfsig mehr Oberfläche dar u entzünden sich daher leichter. Die Richtigkeit dieser Ansi geht überzeugend aus verschiedenen, von VAN MARUM ni unbeachtet gelassenen Nebenbedingungen der Erscheinung h vor. Ein bedeutendes Beförderungsmittel des Entzündens ben dann aber die lockern Substanzen, als Baumwolle, de Fäden nach DAVY dem feinen Platindraht ähnlich wirken, wie auch Schwefel, Harz und die sonstigen von BACHE an wandten Substanzen in Pulverform. Der Phosphordampf sich an dieselben an, und nicht zu gedenken, dafs der Ph phor durch feine Vertheilung zwischen andere Körper, Schwefel, Iod u. s. w., überhaupt entzündlicher wird, legt der Phosphordampf an die kleinen, nur eine geringe Wär capacität besitzenden Partikelchen in sehr dünnen Lagen diese nehmen den in geringer Menge vorhandenen Sauer begierig auf und bewirken die Entzündung um so leic je weniger die erzeugte Wärme durch dickere Luft entz wird. Zudem geht man stets von der Voraussetzung aus, erst nach statt gefundener Verdünnung die Verbindung mit in geringer Menge vorhandenen Sauerstoffgas beginne, a bei der innigen Verwandtschaft beider Körper zu einander der Phosphor schon vorher eine gewisse Menge Sauerstoff

1 L. GMELIN's Handbuch der Chemie. Th. I. S. 271.

Digitized by Google

genommen[1], beide Körper verbinden sich aber inniger im Augenblicke der rascheren Verdampfung, und hierdurch wird die Ausscheidung der Wärme, die Verbrennung bewirkt. Es hängt dieses mit einer andern, vermuthlich auf ähnlichen Gründen beruhenden Thatsache zusammen, dafs der Phosphor in verdünntem Sauerstoffgas, sey dieses durch Beimischung anderer Gasarten oder verminderten Druck, leichter und stärker leuchtet, als in dichterem[2].

138) *Wasserstoffgas* und viel Wasserstoff enthaltende Körper haben die gröfste Verwandtschaft zum Sauerstoff, und eine Verbindung von 2 Volumen Wasserstoffgas mit 1 Volumen Sauerstoffgas könnte füglich zu den Selbstzündern durch mechanischen Druck gerechnet werden, denn das sogenannte Knallgas entzündet sich im Tachopyrion mit heftiger Explosion, so wie dieses auch durch den elektrischen Funken geschieht. Hierauf beruht das lebhafte Verbrennen derjenigen Substanzen, welche viel Wasserstoff enthalten; am auffallendsten zeigt sich aber die Vereinigung des Wasserstoffs mit Sauerstoff in allen den Phänomenen, welche sich dem Glühn der *Lampen ohne Flamme* anreihen lassen. Die Construction dieser *Glühlämpchen* (aphlogistic Lamp) ist am gehörigen Orte beschrieben worden[3], hier müssen aber die Erscheinungen, welche sie darbieten, mit den allgemeinen Gesetzen der Wärme in Zusammenhang gebracht werden. Der Procefs des Verbrennens ist zwar nichts anderes, als eine unter Ausscheidung von Licht und Wärme vorgehende Verbindung der verschiedenen brennbaren Körper mit Sauerstoff, allein diese Verbindung geht auch in vielen Fällen so langsam und mit so geringer Energie vor sich, dafs keine mefsbare Wärme dabei frei wird, wie dieses sich namentlich bei der Oxydirung der Metalle zeigt. Wärme ist zugleich ein vorzügliches Beförderungsmittel dieser Verbindungen, wie H. Davy[4] gezeigt hat, welcher Knallgas bis etwas zur Siedehitze des Quecksilbers erhitzte und fand, dafs es

---

1 Wahrscheinlich befindet sich auch ein geringer Theil verdichteter Luft in den lockeren Substanzen angehäuft, die den Phosphor umhüllen und ihm zur Unterlage dienen.

2 Schweigger's Journ. Th. XL. S. 16.

3 S. Art. *Lampe.* Bd. VI. S. 72.

4 Philos. Trans. 1817. p. 57.

Digitized by Google

sich dann zu Wasser verdichtete, so wie Kohle und Sau stoff in einer etwas höhern Temperatur zur Kohlensäure. Hie bei ist jedoch stets die Geneigtheit zum eigentlichern Verbre nen unverkennbar vorhanden, und wenn man daher einen K per von geringer Wärmecapacität, wozu sich Platin vorzu weise eignet, dem Einflusse dieser Verbindungen aussetzt, i dem man ihn zugleich fähig macht, dieselben seinerseits befördern, so wird die erzeugte Wärme hierdurch sichtbar z Vorschein kommen, wie dieses namentlich bei den Glühlän chen der Fall ist. H. Davy[1] entdeckte dieses bei seinen V suchen, die Explosionen des entzündlichen Gases der Kohl minen zu verhüten, indem er fand, dafs heifsgewordene webe von feinem Platindraht in solchen Gasarten zu glü fortfuhren und wieder anfingen, wenn sie auch etwas abgek waren. Andere explodirende Gasgemenge zeigten einen g chen Erfolg, und ebenso die Dämpfe von Aether, Alko Terpentinöl und Naphtha, unter denen die beiden ersten zu Versuchen am besten eignen. Gieſst man daher einige T pfen Aether in ein kaltes oder Alkohol in ein warmes G und hält einige Windungen Platindraht von $\frac{1}{50}$ oder $\frac{1}{70}$ Durchmesser nach vorgängiger Erhitzung darüber, so wer diese zu glühen anfangen und fortfahren, bis die Flüssig verdunstet ist, mit einem im Finstern sichtbaren zarten Li über dem Drahte und unter Erzeugung einer eigenen Sä Der Versuch gelang ihm blofs mit Platin– und Palladiumd welche beide eine geringe Wärmecapacität haben, . doch k man statt des Drahtes auch dünne Bleche nehmen.

Die ursprüngliche Erfindung Davy's hat im Verlaufe Zeit eine Menge Anwendungen und Abänderungen gefun wozu auch Döbereiner's[2] *Platinschwamm* und dessen *Fe zeug* gehören, wovon wir aber hier nur die meisten und w tigsten, mitunter blofs historisch, erwähnen wollen, da Hauptsache, nämlich die Beziehung zur Wärmelehre, be (§. 134) aufgestellt worden ist. Erman[3] vergröfserte den kle Glühapparat bedeutend, indem er auf einen frisch abgesch

---

1 Philos. Trans. 1817. p. 78. Journ. de Phys. T. LXX p. 308.

2 G. LXXIV. 269.

3 Berliner Denkschriften 1818. S. 862.

Digitized by Google

tenen, in Weingeist tauchenden Docht einen Ring von 4 Lin. Durchmesser und 1 Lin. Höhe aus Gewinden des feinsten Drahtes stellte, auf diesen einen Rost aus dünnem Platinblech legte und auf diesen endlich 4 bis 5 concentrische Cylinder aus Platindraht, von gröfserer oder geringerer Dicke, deren Zwischenräume mit einzelnen Drahtenden ausgefüllt waren. Wurde das Ganze durch eine Stichflamme einer Weingeistlampe zum Glühen gebracht, so gerieth der Weingeist ins Sieden, der stark glühende Draht zündete Schwamm in 2 Lin. Entfernung, verkohlte Papier, brachte Wasser zum Sieden und setzte an einem übergehaltenen Bleche eine Menge saurer Flüssigkeit ab. Erhitzte Windungen von feinem Platindraht oder feine Platinbleche äufsern ihre Wirkung nicht blofs auf Knallgas und die eben genannten Dämpfe, sondern auch auf andere viel Wasserstoff enthaltende Mischungen und leicht verdampfbare Körper. In Beziehung auf verdampfenden Kampher entdeckte dieses DAVY[1] bereits 1818, STRATING[2] aber giebt an, man dürfe nur ein Stück Platinschwamm auf Kampher legen, letztern entzünden und beim Glühen des Schwammes ausblasen, so würde dieser fortglühn und der Kampher durchgezogen werden. Merkwürdig ist, dafs der Platinschwamm, welcher sich so energisch gegen Knallgas zeigt, auf andere wasserstoffgashaltige Gasarten mit geringerer Kraft wirkt, als erhitzte dünne Bleche, wie DÖBEREINER[3] bemerkt hat, HENRY[4] der untersuchte ausführlich die Einwirkung des Platinschwammes auf die verschiedenen gasförmigen Mischungen, wozu noch bekannt hinzugefügt werden kann, dafs kleine Kügelchen von Thon und feinem metallischen Platin als *eudiometrisches Mittel* angewandt werden.

139) Die Versuche der Gelehrten erstreckten sich nicht blofs auf die verschiedenen Gasarten und Dämpfe, die sich durch metallisches Platin nach DAVY oder durch Platinschwamm nach DÖBEREINER mit Sauerstoffgas vereinigen lassen, sondern sie suchten auch auszumitteln, welche andere Körper, wenn

---

1 G. LXV. 84.
2 Journ. de Pharmacie 1825. Avril. p. 195.
3 Ann. de Chim. et Phys. T. XXIV. et XXVI.
4 Philos. Transactions. 1824. p. 266. Vergl. Annals of Philos. T. I. p. 416.

Digitized by Google

auch mit einigen Modificationen, die nämliche Wirkung vorbringen. Schübler[1] fand, dafs Alkohol von 0,85 Gewicht 32° oder 38° C. Temperatur haben müsse, wenn Dampf dünnes Platinblech glühend erhalten sollte, und andere Metalle sich hierzu nicht eigneten, Andern[2] gelan Versuch mit Alkohol, Schwefeläther und Naphtha von Ar nur durfte der Aether nicht höchst rectificirt seyn, und Sc felkohlenstoff entzündete sich selbst durch den glühenden tindraht. V. Yelin[3] liefs ein Löckchen des feinsten P drahtes vermittelst eines Korkes auf Alkohol schwimmen, marsch[4] stellte dasselbe sehr zweckmäfsig auf einen I welcher über den Rand eines kleinen Medicinglases h ragte, und erhielt befriedigende Resultate mit Weingeist, ther, Terpentinöl, rectificirtem Petroleum, Bergamottö Kampher. Schon früher wollte Juch[5] gefunden haben, aufser Platin kein Metall die Erscheinung zeige, Karma aber erhielt dieselbe mit Silberdraht, jedoch nur schw Messing-, Kupfer-, Eisen- und Stahldraht; Golddrah schmolz augenblicklich. Döbereiner selbst fand[7], dafs andere fein vertheilte Metalle im Dampfe des absoluten hols zu glühen fortfahren, als gepulverter Braunstein, N staub oder Nickeloxyd, Kobaltstaub oder Kobaltoxyd, oxyd, Zinnoxyd und andere; ja er bemerkte[8], dafs das verkohlte Ende des Dochtes einer Weingeistlampe zu fortfuhr, nachdem die Lampe aus Mangel an Weingeist schen war; als er aber vorsichtig neuen absoluten Alko die Lampe gebracht hatte, dauerte dieses Glühen 24 den fort.

Mit gebührender Aufmerksamkeit wurden von den schiedensten Gelehrten die interessanten Eigenschaften des Döbereiner entdeckten Platinschwammes beachtet. Unte

---

1 Schweigger's Journ. Th. XX. S. 199.
2 Bibliothèque univ. 1817. Févr.
3 Hermbstädt's Museum. Th. XV. Heft 2.
4 G. LXXV. 88.
5 Dingler's polyt. Journ. Th. I. Heft 1.
6 G. LXXV. 83.
7 Schweigger's Journ. Th. XXXIV. S. 91.
8 G. LXXIV. 274.

Digitized by Google

den wiederholten Dülong und Thénard[1] seine Versuche schon 1823 unmittelbar nach ihrer Bekanntwerdung, und fanden, dafs auch dickere Platindrähte oder Stückchen dieses Metalles bei höherer Temperatur zwar keine Explosion des Knallgases, wohl aber eine Vereinigung desselben zu Wasser bewirken, und dafs Palladium als schwammige Masse dem Platin in seiner Wirkung ziemlich gleich ist, Rhodium, Iridium, Osmium, Kobalt, Nickel, Gold und Silber aber nur durch höhere Temperatur ähnliche Erfolge herbeiführen. Selbst nichtmetallische Körper, als Kohle, Bimsstein, Glas, Porcellan und Bergkrystall, zeigen sich in erhöheter, den Siedepunct des Quecksilbers jedoch nicht erreichender Temperatur in geringerem Grade wirksam. Das Palladium wurde in Beziehung auf diese Eigenschaft näher untersucht durch Pleischl[2], Garden[3] nahm die Entzündung des Knallgases durch Iridium, Fischer[4] die durch Rhodiumpulver wahr, und dafs auch andere Gasgemenge, als gasförmiges Kohlenoxyd und Sauerstoffgas, ölbildendes Gas und Sauerstoffgas, durch Platinschwamm disponirt werden sich zu verbinden, Salpetergas und Wasserstoffgas sich aber in Wasser und Ammoniak verwandeln, auch oxydirtes Stickgas und Wasserstoffgas einer Einwirkung desselben unterworfen sind, entdeckten Dulong und Thénard schon bei ihren ersten Versuchen. So wurden also die interessanten Entdeckungen Davy's und Döbereiner's überall, auch hier nicht ausgenommen[5], mit der ihrer Wichtigkeit gebührenden Aufmerksamkeit aufgenommen, rücksichtlich ihrer Erklärung aber schwankte man zwischen der elektrischen und der mechanischen Hypothese. Erman[6] war geneigt, sich für die letztere zu erklären, ebenso Schweigger[7] und im Ganzen wohl Davy[8], G. G. Schmidt und Andere; allein die überwiegen-

---

1 Ann. Chim. et Phys. T. XXIII. p. 442. T. XXIV. p. 380. Vgl. Schweigger's Journ. Th. XL. S. 229.

2 G. LXXVI. 98.

3 Annals of Philos. 1823. Dec. p. 466, Schweigger's Journ. Th. L. S. 115.

4 Bullet. der naturf. Section der schles. Ges. für vaterländ. Cultur. 1824. N. 1.

5 Brugnatelli Annali cet. 1826. p. 46.

6 Berliner Denkschriften 1818. S. 270 u. 271.

7 Dessen Jahrbuch Th. XXXIX. S. 2.

8 Ebendaselbst Th. XL. S. 1 ff.

Digitized by Google

den Gründe, welche für die letztere entscheiden, sind o bereits nach Liebig angegeben worden. Ohne bei der anfän chen Entdeckung stehn zu bleiben, hat Döbereiner[1] später auf diese Weise statt findende unerwartet grofse Wärmeentb dung, welche sich bei dem fast noch wirksameren Iridmohr auffallendsten dadurch zeigt, dafs dasselbe in feinster Pulv form auf mit Alkohol benetztes Papier gestreuet fast aug blicklich mit Zischen erglüht, so wie nicht minder die Be tungsart der hierzu am meisten geeigneten Formen der entz denden Metalle und die Zusammensetzung der erzeugten P ducte mit gewohnter Gründlichkeit untersucht und auf technische Bereitung des Essigs angewandt.

140) Zum Schlusse dieser Untersuchungen mögen noch einige nahe liegende Bemerkungen Platz finden. W serstoffgas und viel Wasserstoff enthaltende Körper, name lich in Dampfform, zeigen ein vorzügliches Bestreben, mit Sauerstoff zu verbinden, wobei dann wegen grofser c mischer Energie Wärme in geringerem oder (meistens) in höhe Grade frei wird. Wenn man daher nach Döbereiner[2] Ae in eine Schale tröpfelt, die in siedendem Wasser steht durch siedendheifse Wasserdämpfe warm erhalten wird, so wahrt man im Dunkeln eine sehr blasse, wenig leuchtende nicht zündende Flamme. Die Tropfen rotiren, wie in L denfrost's Versuche, und der Geruch zeigt, dafs durch Flamme *Sauerstoffäther* und *Aetherlampensäure* gebildet w Diesem ähnlich ist eine Beobachtung von Williams[3], bei gewöhnlichen Kerzen , wenn man dem langen Dochte selben etwas Fett zuführt, wodurch die Flamme wächst o vorhandene Verkohlung, und sie dann ausbläst, ein Phosp resciren statt findet und eine Säure sich durch den Ger kenntlich macht. Martens[4] giebt folgende Vorrichtung durch die ein Platinlöckchen lange glühend erhalten wird. nimmt eine Phiole von 2 bis 4 Pinten Inhalt mit weiter O nung, erwärmt ihren Boden zwischen 30° bis 50° C., gi

---

1 Schweigger-Seidel's n. Jahrbuch Th. III. S. 363. Vergl. Pogg dorff's Ann. XXIV. 603.

2 Journal für praktische Chemie. N. I. S. 75.

3 Annals of Philos. T. VI. p. 44.

4 Bulletin de l'Acad. R. de Bruxelles. 1835. N. XI. p. 420.

Digitized by Google

ne dünne Schicht Alkohol hinein, und senkt bis etwa 1 Zoll
m Boden entfernt ein Platindrahtlöckchen aus Draht von
ngefähr $\frac{1}{12}$ Zoll Durchmesser, an einem dickeren Drahte be-
stigt, dessen anderes Ende in einem Stückchen Karte
echt, so in das Innere derselben hinab, dafs das Karten-
ück die Mündung bedeckt. Ist das Löckchen vorher in einer
Weingeistflamme zum Glühn erhitzt, so fährt es fort zu glühn,
meistens zunehmend, auch entsteht, wenn der Alkohol zu
kalt gemacht war, zuweilen eine nicht eben gefährliche Ex-
plosion. Das Glühn dauert einige Stunden fort, wenn der
Hals der Flasche 25° bis 35° warm erhalten und zuweilen
Luft hineingeblasen wird. An den innern Wandungen sam-
melt sich eine Flüssigkeit, vorzüglich wenn die Flasche oben
mit umgelegte, mit Wasser genäfste, Leinwand kalt erhalten
wird, die nach Martens keine Lampensäure enthält[1]. Will
man dieses Product nicht sammeln, sondern ist es blofs um
ein lange anhaltendes Glühn zu thun, so wählt man eine
Flasche, die unten mit einem Tubulus versehn ist, damit stets
atmosphärische Luft eindringen und neues Sauerstoffgas zufüh-
ren kann. George Merrywreather[2] endlich hat Döbereiner's Platinschwamm zur Construction einer *Lampe ohne Flamme*[3] oder einer *aphlogistischen Lampe* benutzt, und es
unterliegt wohl keinem Zweifel, dafs diese unter allen angege-
benen am zweckmäfsigsten sey. Die blofse Zeichnung derselben Fig.
42.
giebt einen so deutlichen Begriff, dafs es kaum einer Beschreibung
bedarf. Eine gewöhnliche zinnene Lampe mit einem obern, des
Luftzuges wegen durchbohrten Ringe wird durch die Röhre E
mit Weingeist gefüllt. In der Mitte erhebt sich eine kleine hohle
Röhre, worin sich der Docht D befindet, den man am obern
Ende aus einander biegt und um den Rand legt. In seine Mitte
ist der feine Platindraht gesteckt, welcher am obern Ende die
Kugel von Platinschwamm C trägt, die nach dem Entzünden
und Wiederauslöschen des Weingeists zu glühen fortfährt und
gegen äufsern Luftzug durch den übergestürzten Glaskegel A B
gesichert ist.

---

[1] Sauerstoffäther. S. Döbereiner in Poggendorff's Ann. XXIV. 8.

[2] Edinburgh N. Philos. Journ. N. XX. p. 359.

[3] S. Art. *Lampe*. Bd. VI. S. 72.

Digitized by Google

141) Unter die dem Sauerstoff sehr verwandten und d
leicht verbrennlichen Körper gehört ferner der *Schwefel*,
cher eben daher in kleinen Massen häufig zur Entzünd
kleiner Hölzchen dient; weil er aber das Sauerstoffgas in
fser Menge sehr begierig aufnimmt und die sich in Dar
gestalt verbreitende schweflige Säure, die beim Verbre
desselben den erstickenden Geruch erzeugt, das vorhan
Sauerstoffgas mit grofser Energie an sich reifst, um in Sch
felsäure verwandelt zu werden, so wird dadurch der Pr
des Verbrennens wieder gehindert und Schwefel, in gröfs
Massen entzündet, erlischt daher von selbst. Wird er in k
nen Quantitäten im Sauerstoffgas entzündet, so gewahrt
sein starkes Verbrennen mit grellem weifsen, ins Blaue ü
gehenden Lichte. Die *Kohle* gehört unter die am stärk
verbrennlichen Substanzen, weil sie den Sauerstoff mit gr
Begierde aufnimmt. Bei ihr kommt aber die Temperatur
in Betrachtung und zugleich auch der Aggregatzustand, w
sich der Kohlenstoff befindet. Ist letzterer ein lockerer,
beim Kohlenpulver und Kienrufs, so verbreitet sich das E
nen begierig durch die ganze Masse; ist er aber ein fester,
bei den härtern Kohlen, dem Anthracit und noch mehr
Diamant, so hat das Verbrennen grofse Schwierigkeiten,
die Kohlen erlöschen von selbst, ungeachtet viel Kohlen
im lockeren Zustande enthaltende Körper, als Dünger, fer
Stroh u. s. w., zu den oben (§. 127) angegebenen Selbst
dern gehören. *Diamant* dagegen und *Graphit*, obgleich
reiner Kohlenstoff, sind im höchsten Grade unverbren
und können nur im Focus grofser Brenngläser oder im K
gasgebläse verbrannt werden. Unter den *Metallen* haben
nige eine so grofse Verwandtschaft zum Sauerstoff, dafs sie
kaum oder gar nicht davon trennen lassen, andere verb
nen leichter, z. B. Wismuth, Antimon, *Eisen* u. s. w. L
teres Metall hat eine durch Hitze sehr zu steigernde Verwa
schaft zum Sauerstoff, und verbrennt daher, wenn es we
glühend gemacht ist, in einem starken Luftstrome von se
Beverley[1] in London entdeckte dieses und fand es auffall
dafs ein kalter Luftstrom eine solche Wirkung haben kö

---

1 Journal de Chimie médicale 1834. Avril. p. 212. L'Institut
XLII. p. 71. Poggendorff's Ann. XXXI. 496.

Digitized by Google

...dete die Thatsache an D'Arcet, welcher den Versuch mit ...folg wiederholte, ja das Verbrennen eines weifsglühenden ...stabes mit Funkensprühen dauert fort, wenn man ihn ...ell in der Luft herumschwingt. Beide Methoden, entweder ...n starken kalten Luftstrom gegen das Eisen zu blasen, oder ...be schnell in der Luft herumzuschwingen, sind seitdem ...günstigem Erfolge mehrseitig durch Richard Phillips und ...Addams wiederholt worden[1], jedoch mufs das Eisen sehr ... weifsglühen, um im Zustande des Verbrennens zu bleiben ... stark Funken zu sprühen, weil es im Gegentheil sonst ...ell erkaltet. Die Ursache liegt offenbar darin, dafs stark ...glühendes Eisen grofse Affinität zum Sauerstoff hat und ... durch rasches Verbrennen die abkühlende Wirkung des ...toms aufhebt. Die äufserste Grenze bildet wohl ohne ...rel das Platin, welches zwar im Knallgasgebläse mit ...kensprühen im Flufs bleibt, aber dennoch seinen Metallglanz ... verliert.

142) β) Die zweite Bedingung des Verbrennens, in der ...genommenen engeren Bedeutung, ist die *Menge des vor-...enen oder entwickelten Sauerstoffgases.* Ist gar kein ...erstoffgas vorhanden und der Zutritt desselben gänzlich ab-...nitten, so ist schon der Natur der Sache nach gar kein ...rennen, auch selbst der verbrennlichsten Substanzen, mehr ...ch und selbst Phosphor, Kalium, so wie die sonstigen ...verbrennlichsten Substanzen können daher im reinen Stick- ...nd Wasserstoffgas nicht verbrannt werden. Für Wasser-...gas läfst sich dieses durch einen artigen Versuch an-...schaulich machen. Füllt man eine etwas grofse gläserne Flasche ...kurzem Halse und etwas weiter Oeffnung voll Wasser-...gas, und hält man sie mit der Mündung nach unten ge-...rt so, dafs das leichtere Gas in ihr ohne eindringende at-...sphärische Luft bleibt, so kann man mit einer brennenden ...rze das Gas am unteren Rande der Oeffnung entzünden; im ...n der Flasche wird die Kerze erlöschen, beim Her-...ziehen aber an dem unten fortbrennenden Wasserstoffgas ...der entzündet werden, und so kann man dieses Entzünden ...Auslöschen mit Vorsicht etliche Male wiederholen, mufs

---

[1] London and Edinb. Phil. Mag. N. LXVIII. p. 407.–N. LXIX. ...445. Bibl. univ. 1838. Janv. p. 195.

dann aber die Mündung der stets lothrecht gehaltenen Fl wieder unter das Sperrwasser bringen, um eine sonst erfol Explosion zu vermeiden. Füllt man umgekehrt ein etwas tes Glas mit Kohlensäure und bedeckt man dasselbe vor Wegnehmen aus der pneumatischen Wanne mit einer schliefsenden Glasplatte so, dafs es sich umkehren un Platte wegziehen läfst, ohne Eindringen von atmosphär Luft, so wird die Flamme einer in das schwerere Gas gesenkten Kerze erlöschen, ja das schwerere Gas läfst sic Vorsicht aus dem ersten Glase in ein zweites giefsen u diesem der Versuch wiederholen. Ebenso wird ein Stück P phor in einem kleinen Platinlöffel liegend, wenn ma schnell in die Mitte der grofsen und breiten Flamme Weingeistlampe bringt, zwar schmelzen und stark verdam sich aber nicht entzünden, weil die umgebende Flamme von aufsen zuströmende Sauerstoffgas verzehrt. Aus gl Ursache ist der leicht zu verkohlende Docht einer Kerze ten in der Flamme schwarz und nicht glühend, denn nirg sagt Lichtenberg, um durch einen paradoxen Ausdruck Sache anschaulicher zu machen, findet das Verbrennen we statt, als mitten in einer brennenden Flamme. Blofs das hervorragende Ende des Dochtes fängt an zu glühen und weggeschnitten werden, wenn es zu lang ist. Wa schlug daher vor, man solle die Unschlittkerzen nicht g stellen, sondern in einem Winkel von 30° gegen die Ver geneigt, damit der aus der Flamme herausstehende Docht Zutritt von Sauerstoffgas verzehrt und das lästige Schn überflüssig würde. Ebendaher können Körper, die bereit Sauerstoff gesättigt sind, als Wasserdämpfe, Metalloxyde, u. s. w., zwar zum Glühen gebracht, geschmolzen und verf tigt werden, aber ein Brennen derselben ist unmöglich.

Es liegt sehr nahe bei der Sache, dafs Zuführung Luft, noch mehr aber von Sauerstoffgas, das Brennen erl mufs, weil dadurch die nothwendig erforderliche Bedin desselben verstärkt und somit die Wirkung erhöhet Hierher gehören die Versuche der Londoner Societät, w auf einer glühenden Kohle, wogegen ein Strom Sauerst

---

1 Bibliothèque britann. T. XXV. p. 352. Nicholson's Jour III. p. 272. G. XIII. 240.

Digitized by Google

geblasen wird, Diamant sich verflüchtigt, Wedgwood'sche Thonkügelchen schmelzen und aus Kieselerde bestehende Fossilien, z. B. Amethyste, Sapphire, Topase, Rubine, Granaten u. s. w., sich in Flufs bringen lassen[1]. Hieran schliefst sich *Marcet's Lampe*[2] und das *Knallgasgebläse*, jedoch kann ich dem, was hierüber bereits gesagt worden ist[3], nichts Wesentliches hinzusetzen, wenn ich auch die weiteren Versuche von Silliman[4] und Murray[5] noch erzählen wollte. Eine minder intensive Wirkung erzeugt freier Zutritt der atmosphärischen Luft, besser ein künstlicher Luftstrom, und dieses führt dann zu der Betrachtung der verschiedenen Gebläse vom einfachen *Löthrohre* der Mineralogen bis zu den grofsen Gebläsen der Hohöfen, wovon bereits gehandelt worden ist[6]. In Beziehung auf das Löthrohr möge hier noch erwähnt werden, dafs seitdem zwei Vorschläge gemacht worden sind, das nur für Einige, für die Meisten nicht beschwerliche anhaltende Blasen aus den Lungen zu vermeiden. Dan-iell[7] räth, die zum Ausströmen der Luft bestimmte Spitze in eine Thierblase zu stecken und letztere durch ein anderes hineingehendes Rohr mit Luft zu füllen, zugleich aber, um einen stärkeren Luftstrom zu erhalten, die Blase durch vier herabgezogene Schnüre mit Gewichten zu pressen; eine etwas umständige und unbequeme Einrichtung. Zweckmäfsiger ist der Vorschlag von K. T. Kemp[8]. Hiernach wird die Luft durch das Rohr D in das Gefäfs AB geblasen, und ihre Rückströmung durch das Quecksilber d im inneren Behälter E gehindert, so dafs sie dann einige Zeit, allerdings aber mit abnehmender Stärke, aus dem Röhrchen C gegen die Flamme der Lampe bläst. Fig. 48.

143) γ) Eine dritte Bedingung, die auf das Verbrennen

---

1 Tilloch's philos. Magaz. T. VIII. p. 21. 262. 322. Scherer's Journ. Th. VIII. S. 501.

2 S. Art. *Gebläse*. Bd. IV. S. 1158.

3 S. ebend. S. 1159. Vergl. The Gasblow-pipe, by Clarke. Lond. 8.

4 Aus Amer. Journ. of Science in Tilloch's philos. Mag. T. L. 102.

5 Tilloch's philos. Mag. T. XLVIII. p. 433. T. XLIX. p. 47.

6 S. Art. *Gebläse*. Bd. IV. S. 1133 ff. Vergl. Laboratorium. Ht. I. Stegler's polyt. Journ. Th. XXXVIII. S. 123.

7 Journ. de Pharmac. 1829. Janv. p. 12.

8 Edinburgh New Phil. Journ. N. XII. p. 340.

Digitized by Google

einen nicht geringen Einfluſs äuſsert, ist eine gröſsere breitung der verbrennlichen Substanzen in der Art, dal dem Sauerstoffgas mehr Oberfläche darbieten und dadurch Zutritt desselben erleichtern. Hierher gehörige Erscheinu giebt es in Menge; ihre Erklärung ist aber durchaus schwierig. Groſse Massen Schwefel erlöschen von selbst, l an Hölzchen setzen diese in Brand; ebenso verhalten groſse Massen Pech, statt daſs Pechfackeln und Pechkränz gierig verbrennen. Wachs, Oel, Unschlitt u. s. w. lassen in Massen nicht entzünden, werden sie aber in kleinen Q titäten durch die Capillarität der Dochte gehoben und groſser Oberfläche der Flamme dargeboten, so unterhalte diese fortwährend. Zweckmäſsig machte daher Alströ die Lampendochte bandförmig, und eine groſse Verbess war die des Bürgers d'Arcand aus Genf, dem aus einem len Cylinder bestehenden Dochte von beiden Seiten fr Luft zuzuführen. Ein die Sache erläuternder interessanter such läſst sich anstellen, wenn man kleine sehr dünne Sc chen von einer Stange *Phosphor* abschneidet und auf B wolle legt. Bei mittlerer Temperatur von etwa 15° C. sch zen diese durch eigene Wärme zu kleinen Kügelchen und rathen in Brand, besonders wenn man sie mit einem kl Hölzchen etwas aus einander zieht, während die daneben gende Stange bloſs verdampft, ohne in Brand zu gerathen.

144) δ) Wo nicht die wesentlichste, doch eine der w tigsten Bedingungen des Brennens ist die *Temperatur*, wie s daraus von selbst folgt, daſs die Wärme nicht nur überh von groſsem Einflusse auf chemische Verbindungen ist, son auch namentlich die Verwandtschaft des Sauerstoffs zu verbrennlichen Körpern erhöhet, jedoch bei den verschied auf ungleiche Weise. Sehr hervorstechend ist dieses vor lich bei den Metallen, deren Oberfläche in höheren Temp turen oxydirt wird und dadurch verschiedene Farben annim das sogenannte *Anlaufen;* vorzugsweise aber zeigt sich di beim Eisen, welches nach der Dicke der oxydirten Oberfl strohgelb, orange, blau und violett wird, überhaupt aber in ner Temperatur von etwa nur 200° bis 300° C. sich so sch oxydirt, daſs es eben daher zu Apparaten, die in solcher W

---

1 Schwed. Abhandl. für d. Jahr 1784. N. XXII.

Digitized by Google

Zutritt der freien Luft angewandt werden sollen, sich
eignet. Kupfer, Messing, Zink und Silber verhalten sich
ähnliche Weise in Temperaturen, die vom Puncte ihres
nnens noch weit abstehen, beim Eisen aber wird die
ndschaft zum Sauerstoff durch Hitze so gesteigert, dafs
Zustande des Weifsglühens selbst das Kali zerlegt. So
ant eine Stahlfeder in Sauerstoffgas nur dann, wenn man
Spitze glühend macht, was meistens durch ein aufgesteck-
entzündetes Stückchen Schwamm geschieht, aber auch
einen elektrischen Flaschenschlag bewirkt werden kann.
sehr verbrennlichen Kohlen, einzeln im Zustande des Glü-
auf Eisen oder einen Stein gelegt, erlöschen, ächte Stein-
selbst im Strome kalter Luft; wird ihnen aber in gröfse-
Massen vereint die Wärme nicht entzogen, so verbrennen
mit grofser Heftigkeit. Ist der Diamant unter einer mit
Gas gefüllten Campane durch den Focus grofser Brenn-
zum Glühen gebracht worden, so verbrennt er von selbst [1],
welchen kostbaren, früher so höchst wichtigen Versuch ein ei-
Apparat durch Herapath [2] angegeben worden ist. Oel brennt
für sich in mittlerer Temperatur; ist es aber bis auf etwa
200° C. erhitzt worden, so brennt es mit grofser Heftigkeit
begonnener Entzündung, worauf die Gefahr bei der Be-
des Oelfirnisses und der Buchdruckerschwärze durch
beruhet.

143) In specieller Beziehung hat diese Aufgabe viel Auf-
durch einen längere Zeit geführten Streit erregt. Theo-
Grotthuss [3] stellte den Satz auf, dafs die Verbrenn-
der Körper vom Grade der Luftverdichtung abhänge
demnach in einer Höhe von etwa 35000 Fufs gar kein
mehr möglich seyn würde. Nach weiteren Versuchen
aufserdem [4], dafs ein Gemenge aus Hydrogengas und
sich unter atmosphärischem Drucke leicht durch den
chen Funken entzünden lasse, keineswegs aber bei einer

1 Nach den älteren Versuchen von Landriani in Ann. de Chimie
und Gren's Journ. Th. VII. S. 428 und den späteren von H.
Aus d. Phil. Trans. in Schweigger's Journ. Th. XII. S. 200.
Ann. de Chim. T. XXXI. p. 72.
2 Journ. de Pharm. 1830. N. X. p. 615.
3 Gehlen's Journ. Th. IX. Ht. 2.
4 Schweigger's Journ. Th. III. S. 180. Vergl. G. LVIII. 345.

nicht genau angegebenen, ungefähr aber das Sechsfache e chenden Verdünnung, worauf er den Schluſs gründete, manche nicht leicht verbrennliche Körper, namentlich unter stärkerem atmosphärischen Drucke verbrennen wü Als er eine Mengung aus Wasserstoffgas und Luft durch ausgedehnt hatte, war es ihm unmöglich, durch einen el schen Funken Entzündung hervorzubringen, auch entzü sich dasselbe nicht durch einen genäherten brennenden S worauf er den Schluſs gründete, daſs das etwa 4– bis durch verminderten Druck oder Hitze ausgedehnte Wasser gas weder durch den elektrischen Funken noch durch Flamme entzündet werden könne. Aufser einigen andern entn er hieraus auch die Erklärung, warum das Wasserstoffgas i rührung mit atmosphärischer Luft nicht durch eine glü Kohle, sondern nur durch einen flammenden Körper entz werden könne. Wie Grotthuss diese Aufgabe noch verfolgte und mit anderweitigen Naturgesetzen in Ein zu bringen suchte[1], scheint mir überflüssig, hier auseina zusetzen.

146) Bald nachher, als diese Resultate bekannt gew waren, stellte H. Davy seine Untersuchungen über die an, die Entzündung der schlagenden Wetter in den Bergw zu hindern, die ihn dann zur Erfindung seiner *Sicherheits* führten[2], wozu er nicht, wie zur Entdeckung der Meta durch zufällige Anwendung eines nur Wenigen zu Gebot henden mächtigen Apparates, sondern durch scharfsinnige binationen gelangte. Zuerst leitete ihn die Erfahrung entzündliche Gasarten nicht explodiren, wenn sie aus einem chen von 0,2 Zoll Durchmesser ausströmend am Ende d ben verbrennen, und er betrachtete dieses als eine Fol Abkühlung durch das Metall, woraus er dann weiter fol daſs man nur für genügende Abkühlung sorgen müsse, u Entzündung solcher Gasarten zu hindern. Fortgesetzte U suchungen zeigten dann wirklich, daſs ein Drahtgeflecht von singdraht 0,02 Zoll dick mit 100 Oeffnungen auf einen dratzoll einem Gemenge von 1 Th. Kohlenwasserstoffgas 12 Th. atmosphärischer Luft die Entzündung mittheilte,

---

1 Schweigger's Journal. Th. IV. S. 238. Th. IX. S. 327.
2 S. Art. *Lampe*. Bd. VI. S. 62 ff.

ized by Google

es heifs wurde oder wenn man eine damit umgebene Lampe in der Mengung bewegte; enthielt dagegen ein solches Geflecht 196 Oeffnungen auf einen Quadratzoll, so fand die Entzündung erst beim Rothglühen, aber nicht bei der Bewegung statt. Ein Geflecht von Eisendraht, $\frac{1}{40}$ Zoll dick und 240 Oeffnungen auf 1 Quadratzoll enthaltend, sicherte so lange, als es nicht stark rothglühend wurde, war dasselbe aber von $\frac{1}{50}$ Zoll dickem Eisendrahte gefertigt und 576 Oeffnungen auf 1 Quadratzoll enthaltend, so fand bei der stärksten Zuströmung aller Arten von Mengungen der entzündlichen Gasarten, selbst bei starker Glühhitze, keine Explosion statt, ja sogar Knallgas entzündete sich nicht, wenn die Flamme der Lampe von einem solchen Gewebe aus Messingdraht umgeben war, obgleich das Drahtgeflecht weifs glühete und der Versuch zur Verhütung seines Schmelzens abgebrochen werden mufste [1].

H. Davy [2] unterstützte die hieraus entlehnte Folgerung, dafs die Abkühlung das Entzünden selbst der verbrennlichsten Körper, sogar der explodirenden Gasgemenge, unmöglich mache, durch eine weitere Reihe interessanter Versuche. Legt man einen einfachen Baumwollenfaden in Oel [3] und entzündet an ihm auf der Oberfläche desselben, so erhält man ein Flämmchen von $\frac{1}{30}$ Zoll Durchmesser. Biegt man einen Eisendraht von $\frac{1}{150}$ Zoll Dicke [4] in einen Ring von $\frac{1}{10}$ Zoll Durchmesser und schiebt ihn über das Flämmchen, so wird er dieses auslöschen, so lange er kalt ist, nicht aber dann, wenn er durch dieselbe genügend erhitzt ist; ein gleicher gläserner Ring löscht die Flamme nicht aus, auch wenn er noch keine hohe Temperatur angenommen hat, woraus hervorgeht, dafs die Ursache im ungleichen Ableitungsvermögen liegt. Nähert man ein metallenes Knöpfchen von $\frac{1}{20}$ Z. Durchmesser dem Flämmchen bis auf die Weite seines Durchmessers, so wird sie erlöschen, wenn jenes nicht einen bedeutenden Hitzegrad besitzt.

---

1 Philos. Trans. 1816. p. 1 ff.

2 Ebendaselbst 1817. p. 71 ff.

3 Bequemer bedient man sich hierzu ganz dünner Wachskerzen, die man in Glasröhren selbst giefsen kann.

4 Bequemer ist es, statt eines so dünnen Drahtes einen dickeren von etwa 0,3 Lin. Durchmesser anzuwenden.

Digitized by Google

147) Diesen ähnliche Versuche machte G. Oswald Sr und zwar nicht mit einem Faden im Oel, sondern mit klein sehr dünnen Wachskerzen. Hält man in die Flamme dersel einen einzelnen Draht, so wird der obere Theil derselben v mindert, und dieses zunehmend, wenn man zu mehreren Dr ten und zu stets engeren Geflechten übergeht. Hält man ü die durch ein Metallgeflecht unterbrochene Flamme die H oder ein Thermometer, so gewahrt man nach Wegnahme Geflechtes sofort eine gröfsere Wärme. Die Verminderung Wärme dauert jedoch blofs so lange in ihrer ganzen Stä fort, bis das Netz glühet, doch kann die Hitze über dem flechte nie höher, als die des Geflechtes ist, steigen, wo also bis zu einer gewissen Grenze das Entflammen der Gasa aufserhalb des Geflechtes unmöglich bleibt. Wird das Met netz horizontal in die Flamme gehalten, so wird sie dad abgeschnitten, wobei ein Theil des verflüchtigten Wachses d das Geflecht entweicht, sich zum Theil an dasselbe legt, Theil über demselben verbrannt werden kann, so dafs die Fl me hiernach aus zwei Theilen mit einem mittleren nicht g henden, folglich dunklen, besteht[2]; ja es läfst sich sogar Flamme durch zwei, etwas mehr als 0,5 Z. von einander stehende, Drahtgeflechte in drei Theile theilen. Fehlt der ob ste Theil der Flamme, so gewahrt man, von oben herabseh in derselben am deutlichsten einen dunklen Cylinder, wel auch im gewöhnlichen Zustande in der Flamme vorhanden seyn pflegt und den man für verflüchtigtes Wachs hält. Flamme einer Argand'schen Lampe, durch ein Drahtgeflecht der Mitte durchschnitten, giebt daher zwei leuchtende, e mittleren dunklen umgebende concentrische Ringe, indefs f der dunkle Theil der Flammen bei allen mit Sauerstoffgas mischten brennbaren Gasarten, weswegen diese auch einen höheren Grad der Hitze und des Leuchtens geben.

---

1 Annals of Philos. T. VIII. p. 321. Biblioth. univ. T. IV 165. Ann. de Chim. et Phys. T. IV. p. 385. Die Einwendungen, che Murray (s. G. LXIX. 236) hiergegen gemacht hat, und die ihm gegebene Erklärung scheint mir nicht bedeutend genug, um besonders erörtert zu werden. Dieses dürfte auch der Fall seyn den Zweifeln, die Grotthuss ebend. S. 241 dagegen aufgestellt ha

2 Mit einem kleinen Drahtringe läfst sich dieser Versuch le auf eine interessante Weise anstellen.

Digitized by Google

148) H. Davy[1] wandte die eben erwähnten Thatsachen dazu an, den durch Grotthuss aufgestellten Satz, dafs das Verbrennen, namentlich der Gasarten, durch Verdünnung unmöglich werde, zu widerlegen, und stellte ihm einen andern entgegen, dafs nämlich die Verbrennung durch die Temperatur bedingt sey. Er brachte ein Gefäfs, worin Wasserstoffgas entwickelt wurde und an der Oeffnung einer feinen Spitze mit einer $\frac{1}{4}$ Zoll hohen Flamme verbrannte (*lumen philosophorum*), unter einen Recipienten von 200 bis 300 Kubikzoll Inhalt. Im Exantliren bis zur fünffachen Verdünnung nahm die Flamme zu[2], dann aber bis zur achtfachen ab, wobei sie erlosch. Dafs die Ursache hiervon nicht am Mangel des Sauerstoffgases lag, zeigte sich, als er das nämliche Gefäfs mit gröfserer Flamme anwandte, wobei die Spitze glühete und die Verdünnung der umgebenden Luft deswegen bis zur zehnfachen getrieben wurde, ehe die Flamme erlosch. Demnächst wickelte er um die Ausströmungsspitze des Gases einen Platindraht, dessen Ende in eine $\frac{1}{4}$ Zoll hohe Flamme endigte und daselbst glühend wurde, worauf sich die Verdünnung bis zur zehnfachen bringen liefs, ehe die Flamme unten erlosch, am glühenden Platindraht aber weiter brannte, bis zur dreizehnfachen Verdünnung. Der darauf gegründete Schlufs, dafs alle Körper nach Verhältnifs der leichtern Entzündlichkeit und gröfseren erzeugten Hitze im stärkeren Vacuum verbrennen würden, fand vollkommene Bestätigung, indem Schwefel in 20fach, Phosphor nach van Marum in 60fach verdünnter Luft noch brannte, Phosphorwasserstoffgas aber im stärksten Vacuum einer Nairne'schen Luftpumpe noch einen Lichtschein gab. Daher entzündete sich auch bis zum 18fachen verdünntes Knallgas noch durch den elektrischen Funken, wenn die damit gefüllte Röhre bis nahe zum Schmelzen des Glases erhitzt war. Davy glaubt daher sich gegen die Ansicht von Higgins, Berthollet und andere annehmen zu müssen, dafs die Entzündung der verbrennlichen Gasmischungen durch den elektrischen Funken nicht von einer Verdichtung des Ganzen oder eines Theils derselben in

---

1 Philos. Trans. 1817. p. 45. G. LVI. 225.

2 Ohne Zweifel war hierbei die erleichterte Entwickelung des Sauerstoffgases mitwirkend; auf jeden Fall darf dieser Umstand nicht übersehen werden.

Digitized by Google

Folge einer Ausdehnung eines andern Theiles durch Hitze a zuleiten sey, sondern lediglich von der Erhitzung, welche U sache auch die Entzündung des Knallgases durch Compressi herbeiführe. Die Erscheinungen, worauf Grotthuss se Folgerungen gebauet hatte, dafs die Entzündung der verbren lichen Gase durch ihre Ausdehnung gehindert werde, erkl Davy auf eine ganz andere Weise, indem er annahm, dafs Entzündung nicht in Folge der Ausdehnung, sondern der b gemengten Wasser- und Quecksilberdämpfe ausgeblieben wonach also der ganze Beweis ungültig werde. Davy dehnte, dieses zu beweisen, Knallgas über trocknem Quecksilber zum 2,5fachen seines Volumens durch Hitze aus, machte d das Ende der Röhre rothglühend, und es erfolgte sogleich plosion. Wurde Knallgas langsam durch eine lange stark hitzte Glasröhre geleitet, so erfolgte die Explosion vor Rothglühen derselben. Eine glühende Kohle soll nach Gro huss das Knallgas blofs ausdehnen, aber nicht entzünden, a nach Davy findet die Entzündung allerdings statt, wenn Kohle hinlänglich glühet und frei von Asche ist[1]; glühet dagegen weniger, so erfolgt eine langsame Verbindung Gases zu Wasser. Um das aufgestellte Argument noch zu unterstützen und zu zeigen, dafs in den Versuchen Grotthuss die Beimischung heterogener expansibeler Flüs keiten, nicht aber die Ausdehnung, die Entzündung gehin habe, zeigte Davy, dafs die Explosion des Knallgases d einen kräftigen elektrischen Funken in Folge der Beimisch von 8 Theilen Wasserstoffgas, 9 Th. Sauerstoffgas, 11 Th. petergas, 1 Th. Kohlenwasserstoffgas, 2 Th. Schwefelwas stoffgas, 0,5 Th. ölerzeugendes Gas, 2 Th. salzsaures Gas, 1,2 kieselhaltiges flufssaures Gas aufgehoben werde. Aus der D tigkeit und specifischen Wärmecapacität dieser Gasarten sich dieses Verhalten nicht erklären, indefs vertragen diejen Gasarten, welche eine geringere Hitze zu ihrer Entzünd bedürfen, eine gröfsere Menge zugesetzter Gasarten, ohne ihre Explosion gehindert wird. So werden z. B. gleiche Th Chlor- und Wasserstoffgas nach Beimischung von 18 The Sauerstoffgas noch entzündet, aber Kohlenwasserstoff- Sauerstoffgas im gehörigen Verhältnifs, nämlich 1 und 2,

1 Dieses bestätigen die Erfahrungen Parrot's in G. LXIII. 7

…t werden schon durch Beimischung von 3 Theilen Sauer-
…s an der Explosion gehindert. Wasserdampf mufste in
…er Menge der Luft beigemischt seyn, wenn er das Brennen
…Schwefels hindern sollte. Knallgas wurde noch durch den
…ischen Funken entzündet, obgleich ein fünffaches Volu-
… Wasserdampf beigemischt war, kohlenstoffhaltiges Wasser-
…s mit Luft gemischt erforderte $\frac{1}{3}$ seines Volumens Was-
…pf und nur $\frac{1}{5}$ Stickgas, um die Explosion zu hindern[1].
…ch fand Davy, dafs ein durch die Volta'sche Säule weifs-
…l gemachter Eisendraht und glühende Kohle in 5mal
…hteter Luft nur wenig stärker brannten, als in gewöhn-
…Lichter, auch nicht zu brennen fortfuhren, wie im Sauer-
…s, woraus er folgert, dafs die Verbrennung in allen Hö-
…r der Meeresfläche und bei jedem Barometerstande auf
…gute Weise vor sich gehe.

(149) Man bewundert in der That den Fleifs bei der An-
…g dieser vielen Versuche und den Scharfsinn bei der
…ation der erhaltenen Resultate in dieser classischen Ar-
…beiten berühmten Britten. Sofern aber noch neuerdings mitunter
…worden ist, die durch v. Grotthuss aufgestellten Sätze
…wohl noch nicht vollständig widerlegt, könnte man ver-
…, das unparteiische kritische Urtheil sey durch die über-
…che Masse der von seinem Gegner aufgehäuften Thatsa-
…gleichsam erdrückt und befangen gemacht, indefs mufs
…genaue Prüfung doch die Entscheidung zu Gunsten seines
…gen Gegners wenden. Abgerechnet dafs durch Davy's
…che der Grund der unrichtigen Ansicht, wozu v. Grott-
…geführt wurde, nachgewiesen worden ist, und dafs die Versuche
…Letzteren weder so zahlreich noch so genau und allseitig
…gend begründet sind, steht seinem Satze schon das allge-
…e Argument entgegen, dafs die chemischen Anziehungen
…ch mächtiger, als mechanische Mittel wirken. Sofern wir
…s Verbrennen im Allgemeinen als eine Folge des Che-
…mus betrachten und dieser durch Wärme so bedeutend
…kt wird, erwächst hierdurch ein neues gewichtiges Ar-

---

1 Walsh in seinen Untersuchungen über die Flamme gelangt zu
…Resultate, dafs unverbrennliche Gasarten das Verbrennen im Ver-
…hältnifs ihrer Dichtigkeiten hindern und dafs diese hindernde Wir-
…kung eine Folge der gröfseren Diffusion der Flamme in den dichteren
…Gasarten ist. S. Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. LXXX. p. 93.

Digitized by Google

gument. Allerdings scheint der Versuch mit dem Tachopy für Grotthuss zu entscheiden, allein es folgt hieraus blofs Erzeugung der Wärme, nicht aber das leichtere Verbre durch Compression. Dagegen beweiset die neuere Erschei mit Döbereiner's Platinschwamm, dafs die durch Compre des Knallgases erzeugte Hitze hinreicht, um dasselbe zu ent den, und dafs es eben die erhöhete Wärme ist, welche Vereinigung beider Gase zu Wasser herbeiführt.

150) H. Davy entnahm aus seiner Theorie die Con ction der nach ihm benannten *Sicherheitslampen*[1] (Lam de Sûreté; *Savety-Lamps*). Hierüber möge hier noch n träglich bemerkt werden, dafs die Construction derselben verschiedentlich abgeändert worden ist[2], ohne jedoch im Wese chen von dem die Sicherung bedingenden Principe abzuwei Inzwischen hatte schon Davy bemerkt, dafs seine Lampe schützt, wenn die schlagenden Wetter sehr bewegt sind, dann die Flamme durch die Oeffnungen des Geflechtes ge ben wird. Dr. Gurney[3] zeigte später durch Versuche, bei einer Geschwindigkeit des bewegten Gases von 5 engl. in 1 Sec. die Geflechte von 120 bis 140 Oeffnungen a Quadratcentimeter von der Flamme durchdrungen werden, Combes führt mehrere Beispiele an, dafs Explosionen auf Weise statt fanden. Ein englischer Bergmann, Roberts, daher den Lampen die Einrichtung, dafs er sie von aufse einen gläsernen Cylinder einschlofs, unten aber einen abgek ten hohlen Kegel von Kupfer anbrachte, durch dessen o etwa einen Zoll weite Oeffnung die Flamme aufsteigt, de untere Fläche aber durch Metallgaze geschützt ist. Auch ron Du Mesnil[4] in Birmingham läfst diese Lampen aus ei Cylinder von Flintglas verfertigen, welcher durch 12 Ei stäbchen geschützt ist und unten zwei durch Drahtgeflechte schlossene Oeffnungen, oben aber einen offenen, nur mit ei gebogenen Bleche bedeckten Schornstein hat. Verbrennt unten einströmende Kohlenwasserstoffgas, so fängt der gläs Schornstein an zu tönen und zeigt dadurch dessen Anwe

---

1 H. Davy on the Savety-Lamp. Lond. 1818.
2 S. Laboratorium. Ht. XXV. Taf. XCIX.
3 L'Institut. 1836. N. 186.
4 Froriep Notizen. N. XI. S. 21.

Digitized by Google

heit[1]. Im Allgemeinen scheint jedoch die ursprüngliche Einrichtung in der praktischen Anwendung beibehalten worden zu seyn, und den eben angegebenen Constructionen steht auch offenbar das leichte Zerspringen und die Zerbrechlichkeit der Glascylinder entgegen[2]. Eine eigenthümliche Anwendung des durch Davy aufgefundenen Schutzmittels gegen die Einwirkung der Flamme hat Aldini[3] in Vorschlag gebracht, indem er rieth, die Personen, welche bei Feuersbrünsten die Spritzen bedienen oder Sachen aus brennenden Häusern retten, so wie diese Sachen selbst mit einem Drahtgeflechte zu umgeben. Unter einem solchen Panzer sollten die Personen aufserdem mit einer Kleidung von Amianth oder noch besser von vielfachem, durch Salmiak und Borax unverbrennlich gemachten Wollenzeuge[4] umgeben seyn. Einige höchst gefährlich scheinende Versuche, um dieses Mittel zu prüfen, gaben sehr genügende Resultate.

151) Endlich möge hier noch bemerkt werden, dafs die Wirkung der Drahtgeflechte nach Libri[5] nicht auf der durch sie erzeugten Abkühlung, sondern auf einer Repulsion derselben gegen die Flamme beruhen soll, weil die Wärme allgemein expansiv wirke. Libri gründet diesen Widerspruch gegen die gewöhnliche Theorie hauptsächlich auf die Versuche Deuchar's[6], nach welchen die Flamme der zum Entzünden des Schiefspulvers von diesem angewandten explodirenden Gemenge selbst durch 12 Drahtgewebe auf eine Strecke von ungefähr 3 Fufs hindurchgeht, und auf seine eigenen Beobachtungen, dafs die Flammen sich um einen ihnen genäherten Körper ohne Einfluss seiner Wärmeleitung umbiegen. Poggendorff mit seinem gewohn-

---

1 Vergl. Art. *Harmonica, chemische.* Bd. V. S. 97.

2 Eine reichliche Nachlese zu dem, was hierüber bekannt geworden ist, findet man in den jetzt erschienenen Abhandlungen, welche auf die von der Societät zu Brüssel für das Jahr 1840 ausgesetzten Preis concurrirten und in einem Bande vereint sind, unter dem Titel: Des moyens de soustraire l'exploitation des mines de houille aux chances d'explosion. Recueil de mémoires et de rapports publié par l'Acad. roy. des sciences et belles lettres de Bruxelles. 1840. 8.

3 Bibliothèque univ. T. XXXVII. p. 159. Ann. de Chim. et Phys. T. XLII. p. 214.

4 Nach einem Vorschlage in Ann. de Chim. T. XVIII. p. 211.

5 Biblioth. univ. T. XXXIV. p. 173. Poggendorff's Ann. X. 294.

6 Annals of Philos. New Ser. T. I. p. 93. 206.

ten Scharfsinn bemerkt, dafs sich gegen die aufgestellte ne Hypothese manches einwenden lasse, was auch allerdings Fall ist. Zuvörderst hat Davy ausdrücklich bemerkt, dafs schützende Kraft der Metallgeflechte durch Bewegung der L geschwächt oder ganz aufgehoben werde, und so darf es nicht au fallen, dafs die mit aufserordentlicher Geschwindigkeit fortg schleuderte glühende Luft der explodirenden Mengungen ob Abkühlung die Gewebe durchdringt und zündet. Wenn al Deuchar's Versuche gegen Davy's Hypothese beweisend w ren, so müfsten sie es auch gegen Libri's seyn, denn es nicht abzusehen, wenn ein einzelner Draht Repulsion aus warum dieses nicht noch mehr durch 12 Geflechte geschel sollte, und zwar um so mehr, da die Repulsion eine ste wirkende Kraft ist, die Abkühlung aber auf jeden Fall Z erfordert. Wenn aber ferner die Wärme der Flamme repul wirkt, so mufs dieses durch die Wärme der ihr genäher Körper noch mehr geschehen, und die Abstofsung müfste da mit der Erhitzung der genäherten Körper wachsen, was Li nicht gefunden zu haben gesteht; andere bekannte Versu zeigen aber, dafs genügend erhitzte Geflechte die Flamme wi lich durchlassen, wodurch die neue Hypothese direct widerl wird. Endlich läfst sich die Repulsivkraft der Wärme zu nicht in Abrede stellen, allein sie wirkt nur auf verschwinden Entfernungen, wie schon daraus hervorgeht, dafs die heftig weifsglühenden Theile vieler Körper, z. B. der Kreide Knallgasgebläse, sich nicht abstofsen, indem sie vielmehr z sammenschmelzen oder zusammensintern. Das Umbeugen Flamme um genäherte Körper ist übrigens leicht erklärlich sobald man nicht übersieht, dafs die sie bildenden brennend Gasarten in stark aufsteigender Bewegung sind und daher v genäherten Körpern zurückgestofsen werden.

152) An die Betrachtung, dafs das Brennen hauptsächli durch die Temperatur bedingt werde, läfst sich noch eine nic unwichtige Untersuchung knüpfen, nämlich über die Wirku der heifsen Luft bei Schmelzöfen. Neilson[1], in der Nähe v Glasgow, erhitzte zuerst die Gebläseluft in eisernen Röhr und erzielte dadurch eine bedeutende Ersparung an Brennma

1 Poggendorff's Ann. XXXIV. 164. Biblioth. univ. de Gen T. VII. p. 429.

Digitized by Google

nal, weswegen dieses Verfahren sofort auf den schottischen
ten und bald nachher auch, in Folge schneller Bekanntwer-
ung, sehr allgemein nachgeahmt wurde. Gegenwärtig gilt es
für eine vielseitig bestätigte Thatsache[1], dafs die Anwendung
ser, bis 300° C. und noch darüber erhitzter, Luft das Schmel-
en der Erze in Hohöfen nicht blofs im Allgemeinen befördert,
ndern in der Art, dafs das erforderliche Brennmaterial für die-
en Zweck, wenn man zuvor die Luft erhitzt und dann das
schmelzt, nicht so viel beträgt, als wenn die Schmelzung
Anwendung kalter Luft geschieht, wonach daher schon bei
ser Art der Anwendung ein Vortheil hervorgehen würde;
ein ungleich gröfser wird letzterer, wenn man die ohnehin
den Schmelzöfen vorhandene Wärme dazu benutzt, die Luft
vor zu erhitzen, indem man sie durch Röhren, die sich im
fen selbst befinden, auf- und absteigen läfst, ehe sie zum
blase verwandt wird, weswegen auch bei den meisten Hoh-
fen Einrichtungen dieser Art jetzt statt finden. Die Thatsache
liegt keinem Zweifel, die Erklärungen aber und die ange-
benen Ursachen dieses Verhaltens sind verschieden. Nach der
kanntwerdung mehrfacher Aeufserungen hierüber[2] und zunächst
veranlafst durch ein Memoire von Huart aus Charleroi erklärten
die Berichterstatter Martens, Cauchy und de Hemptienne
Wesentlichen dahin[3], dafs der aus der Anwendung heifser
entspringende Vortheil hauptsächlich aus zwei Ursachen
leiten sey. Zuerst erfolgte die Verbrennung in kürzerer
und es gehe somit weit weniger Wärme verloren; zwei-
aber würden Kohlen statt Cokes angewandt, deren mit
brennender Wasserstoff nach den Untersuchungen von La-
voisier und Laplace, bestätigt durch H. Davy, dreimal mehr
Wärme gebe, als ihr Kohlenstoff. Wollte man bei der An-
wendung kalter Luft gleichfalls Kohlen gebrauchen, so würde
der Wasserstoff derselben gröfstentheils als Kohlenwasserstoff-
oder als öliger Dampf (vapeur huileuse) entweichen

---

1 Nachricht über viele gelungene Versuche giebt Dr. Clarke in
Lond. Phil. Trans. T. XIII., daraus in Bibl. univ. de Genève. T. VII.
p. 129.

2 Ann. des Mines 3me Sér. T. VI. p. 467. Ann. de Chim. et
Phys. T. LIX. p. 264.

3 Bulletin de la Soc. R. de Brux. 1836. N. 9. p. 300. Vergl.
Institut 1836. N. 188. p. 416.

und dadurch eher Wärme entziehen, als erzeugen. Ein V
such gab gleiche Schmelzungen mit 2 Kilogramm Kohlen
Luft von 322° C. und mit 7 Kilogramm Cokes bei Anw
dung kalter Luft.

153) Eine Menge theils eigener, theils fremder Erfahr
gen über dieses Problem hat Sobolewskoy[1] zusammen
stellt, ist aber der Ansicht, dafs die Ursache der günstigen
folge nicht in der Anwendung heifser Luft, sondern in and
gleichzeitigen Bedingungen zu suchen sey. Gegen die
Neilson aufgestellte Erklärung, wonach die Gesammtme
der Wärme im Hohofen durch diejenige vermehrt werde, w
che der Luft vorher mitgetheilt worden sey, läfst sich leicht
Geringfügigkeit dieser Gröfse geltend machen; die Sache se
betreffend soll aber die Ursache in einer besseren Regulir
der Gebläse, namentlich in der Anwendung von weniger,
unter höherem Drucke schneller strömender Luft liegen. U
andern habe Knauf bei seinen angestellten Versuchen gef
den, dafs 100 Kubikfufs Luft, unter einem Drucke von 2
Quecksilberhöhe einströmend, ebenso viel Hitze erzeugen,
200 K. F. unter einem Drucke von 1 Zoll, und so habe
Dufrénoy, als er Luft von 322° C. anwandte, die Menge
selben von 3500 K. F. auf 2626 K. F. vermindert. Im W
sentlichen beruhe also die ganze Sache auf dem Umstande,
durch schnelleres Zuströmen der Luft ein stärkerer Zug
dadurch ein besseres Verbrennen der Kohlen in den Hohö
erzeugt werde. Hiergegen erinnert Buff[2], dafs allerdings
gute Ziehen bei Hohöfen nothwendiges Erfordernifs sey, al
keineswegs genüge, um die Resultate der Erfahrungen da
zu erklären, die man über die Gebläse mit heifser Luft erh
ten habe.

Es steht dem letztgenannten Physiker um so mehr
Urtheil in dieser Sache zu, als die Versuche, die er selbst
Gemeinschaft mit dem Hütten-Inspector Pfort anstellte[3],
den wichtigsten gehören, die wir über dieses Problem besitz

---

1 Poggendorff's Ann. XXXIV. 163.

2 Ebend. XXXVII. 196.

3 Aus den Studien des göttingischen Vereins bergm. Freunde
Poggendorff's Ann. XXXVII. 173. Vergl. Ann. de Pharmac. T. X
p. 129.

Digitized by Google

sind mit Umsicht und mit genauer Beachtung des dabei sich
enden Verhaltens angestellt worden, und der grofse Vortheil,
das Gebläse mit heifser Luft gewährt, geht klar daraus
or. Die Versuche, welche im Kleinen über die Verbren-
g der Kohlen in Glasröhren beim Zuströmen kalter oder
r Luft gemacht wurden, geben leicht durch Nebenbedin-
gen verwickelte Resultate, im Ganzen aber zeigen sie, dafs
n heifse Luft zu den entzündeten Kohlen tritt, das Bren-
rascher und mit gröfserer Energie statt findet. Die im
e richtige Erklärung läuft also darauf hinaus, dafs die be-
glühenden Kohlen durch die hinzukommende kalte Luft
m raschen Brennen nicht zurückgehalten werden, daher
r Stelle dieses Zuströmens energischer brennen und eine
e, die Schmelzung des Erzes herbeiführende, Hitze ent-
n. Um sich die Sache zu versinnlichen, dürfte man sich
orstellen, dafs eine geraume Zeit eine beträchtliche, zum
elzen des Erzes aber ungenügende Hitze erzeugt würde,
ch begreiflicher Weise eine grofse Quantität Brennmate-
nnütz verschwendet werden müfste; die Wärme erhöhet
n die Anziehung des Kohlenstoffs zum Sauerstoffgas der
phärischen Luft, es wird keine Zeit, und somit keine
e Consumtion des Brennmaterials, verloren, um die kalte
rst zu erwärmen, wodurch der Schmelzprocefs nothwen-
höhet werden mufs. Darum ist an der Stelle des Zutritts
eifsen Luft das Brennen so energisch; dort schmelzt das
scher, die Gicht geht aber langsamer nieder und es wird
Brennmaterial erspart. Bleibt bei der Anwendung heifser
der Druck und die Oeffnung der Düsen unverändert, so
t in gleichen Zeiten weniger Luft in den Ofen, denn die
Hitze ausgedehnte Luft gewinnt zwar an Fluidität und
daher in gröfserer Menge durch die Düsen, zugleich aber
ihr Volumen in einem gröfseren Verhältnifs vermehrt,
267° C. schon um das Doppelte, und sonach ist die aus-
ende Masse in gleichen Zeiten geringer[1].

154) Eine der heifsen Luft auf gewisse Weise ähnliche
ung ist diejenige, welche nach den Versuchen von An-

---

1. Ueber diesen Gegenstand verweisen wir auf unsern ausführli-
Art. *Pneumatik.* Bd. VII. S. 602.

DREW FYFE[1] Wasserdämpfe hervorbringen, die man brennen Cokes zuführt. Hiernach siedeten unter gleichen Bedingun gleiche Quantitäten von Wasser ohne Dampf in 20, mit Da in 14 Minuten; in einem anderen Versuche ohne Dampf in 10, Dampf in 9 Minuten. Aehnliche Versuche gaben ferner und 6,5, so wie 6,25 und 5 Minuten. Ferner verloren glei Quantitäten Wasser durch Verdunstung ohne Dampf in 8 nuten 4 Unzen, mit Dampf 5 Unzen; in zwei andern Ver chen in 15 Minuten 4,5 und 7 Unzen; in 12 Minuten und 7,25 Unzen. FYFE zeigt durch Berechnung, dafs die Wasserdampfe enthaltene Wärme zur Erklärung dieser Re tate nicht hinreicht, und da das Wasser, also auch dessen Da als schon verbrannter Körper nicht nochmals verbrennen ka so mufs angenommen werden, dafs der Wasserdampf eine Z setzung erleide, indem sein Sauerstoff an die brennenden K len übergeht, der Wasserstoff aber mit dem Sauerstoff der mosphärischen Luft als Flamme verbrennt, die sich wirk auch deutlich zeigt. Hierbei findet also gleichzeitig Was zersetzung und Wasserbildung statt, die Wirkungen beider gegengesetzten Processe heben sich aber nicht auf, sonder ist durch die schnellere und energischere Verbrennung der K len eine stärkere Erzeugung von Hitze vorhanden.

155) Auf das Princip, dafs die Leichtigkeit des Verb nens durch Abkühlung zunehmend vermindert und endlich unmöglich gemacht wird, sind die verschiedenen *Mittel Feuerlöschung* gegründet. Kann durch Entziehung des Sa stoffgases das Brennen ganz unmöglich gemacht werden, wie di im hohen Grade durch Verbrennung von Schwefel bei entzünd Caminen geschieht[3], weswegen auch die Anwendung dieses Mi in Folge gemachter Erfahrungen dem Polizeipräfecten zu P durch den Gesundheitsrath im Jahre 1828 empfohlen worden i so mufs dieses als eine nicht hierher gehörige Sache betrac werden, im Allgemeinen aber wird das Feuer erstickt und Weiterumsichgreifen desselben dadurch unmöglich gemacht, man die verbrennlichen Sachen unter diejenige Temperatur

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. XLV. p. 177. Vergl. §. 15
2 Vergl. Art. *Feuer*. B. IV. S. 203.
3 Vergl. ebend. S. 202.
4 Recueil industriel. T. XII. p. 127. Dingler polyt. Journ. XXXV. S. 320.

Digitized by Google

Ich habe auf dem Rückwege, auf welchem mich Hannover wieder berührte, noch einige Tage in dieser Stadt verweilt, und mich mit Vergnügen an die Zeit erinnert, da ich vor 20 Jahren hier lebte. Ich fand noch einige Bekannte, und einige Freunde, die mich damals nicht kannten, und mich jetzt kennen lernten. Ich sah auch einige Gelehrte, die ich damals nicht kannte

welches fein gestofsen in Patronen mittelst Pfeilen an die b
nenden Orte geworfen werden sollte, wie ein gewisser G. P
MER[1] in Vorschlag brachte, hat man nie eigentlich Gebr
gemacht, ebenso wenig als von den in dem Löschwasser
zulösenden Substanzen, die durch NILS NYSTRÖM[2] sehr
pfohlen wurden.

156) Die dem Wasser beigemischten Substanzen s
nicht sowohl dazu dienen, das Feuer auszulöschen, als viel
die brennbaren Stoffe mit unverbrennlichen zu vereinigen
dadurch das Entzünden derselben unmöglich zu machen.
sollten auch die durch PALMER angegebenen Substanzen zu
sem Zwecke in Wasser verdünnt und Wände, Balken, Ge
Holzwerk u. s. w. damit überstrichen werden. Allerdings
den alle leicht verbrennliche Körper sehr wenig entzün
oder widerstehn der Entzündung vollständig, wenn sie
Salzen und sonstigen geeigneten Substanzen durchdrungen
Unter andern hat FUCHS[3] einen namentlich Holz gegen
Verbrennen sichernden Ueberzug angegeben, nämlich ei
siedendem Wasser auflösliches Glas aus 70 Theilen Kiesel
und 30 Th. Kali oder Natron, welches in die Holzfasern d
gen und eine oberflächliche Art der Versteinerung hervor
gen soll. Das Mittel scheint ausnehmend geeignet, mir
jedoch keine damit angestellten Versuche, mindestens k
gröfseren, bekannt; dagegen berichtet KRAFT[4] einen sehr ge
genen Versuch, welchen die Petersburger Societät mit ei
hölzernen, nach LORD MAHON's und HARTLEY's Met
feuersicher gemachten Hause angestellt habe, wobei das auf
Dache und im Innern angebrachte Feuer über eine St
brannte, dann von selbst erlosch, dennoch aber waren die
ter und Balken blofs oberflächlich verkohlt. A. ROCH
schlug vor, ein mit Thon überzogenes Drahtgeflecht zur Si

---

1 Beschreibung eines neu erfundenen Mittels gegen Feuersbri
u. s. w. A. d. Fr. Leipz. 1803. 8. Vergl. Scherer's Journ. Th. X. S.

2 V. Crell's chem. Ann. 1793. P. II. S. 519.

3 Vergl. über die zweckmäfsigsten Mittel, Feuersbrünste zu
meiden, nebst Versuchen über einige Substanzen, mittelst wel
leicht verbrennliche Körper gegen die Flamme geschützt werden
nen. Von D. A. VOGEL. München 1823. 8.

4 Acta Acad. Petrop. T. III. P. 2. p. 9.

5 Journal de Physique. T. LXXIII. p. 393.

Digitized by Google

ung gegen Brand zu benutzen. Gay-Lussac[1] hat die Auf-
ge ausführlich untersucht, selbst Leinen und gewebte Zeuge
solchen Stoffen zu imprägniren, die ihre Biegsamkeit nicht
ben und dennoch ihre leichte Entzündlichkeit hindern,
ihm verschiedene Salze am geeignetsten scheinen, welche
Einzelnen anzugeben hier zu weit führen würde. Endlich
hier auch gelegentlich die *Steinpappe* erwähnt werden,
che Arfuid Faxe[2] aus Carlscrona im J. 1785 erfunden
ohne Angabe ihrer Bestandtheile bekannt gemacht hat.
bestand aus dickeren und dünneren, auch *Steinpapier* ge-
nten, röthlichen Platten, die zu feuerfesten Bedachungen und
ch als Ueberzüge über Kasten- und Actenschränke die-
sollten. D'Antic untersuchte sie und glaubte, dafs 2 Th.
rde (Eisenoxydhydrat), 1 Th. thierisches Oel und 2 Th.
liche Pappsubstanz ihre Bestandtheile bildeten. Chri-
n Bergen machte sie von noch besserer Güte nach[3], auch
Berlin wurden ähnliche Tafeln verfertigt[4]; am ausführlich-
aber liefs Georgi[5] ihre Bestandtheile untersuchen, und
rigte nach den Resultaten solche Steinpappe aus verschie-
ähnlichen, ihm vorzüglich geeignet scheinenden Stoffen,
denen nur eine Zusammensetzung aus erweichten Papier-
in, Leimwasser, rothem oder weifsem Bolus, sogenann-
Todtenkopf und Kreide hier genannt werden möge. Die
widerstanden sehr gut der Nässe, wurden zwar im
verkohlt, ohne jedoch zu verbrennen, und würden sich
ihrer Leichtigkeit sehr gut zur Bedachung eignen, in-
steht ihre geringe Härte entgegen, indem nicht eben
Steine beim Auffallen sie leicht zerschlagen[6].

---

1. Ann. de Chim. et Phys. T. XVIII. p. 211.
2. Lichtenberg's Magazin. Th. IV. Ht. 4. S. 40.
3. Fabri's allgem. polit. Zeitung 1787. N. 8.
4. Weuas vom Papier. S. 564.
5. Nova Acta Petrop. T. IV. p. 266.
6. Grasen's feuerfester Anstrich aus 3 Th. Lehm, 1 Th. Thon
1 Th. Mehlkleister (s. nützliche und durch d. Erfahrung bewährte
läge p. s. w. 4. Aufl. Hildburgh. 1777), Lord Mahon's Vor-
alles Holzwerk mit einem Mörtel aus Sand, Kalk und zerhack-
Heu zu überziehen, Hartley's Rath, alles Holzwerk durch Eisen-
ten einander zu trennen, und andere der Art sind ungeachtet
grofsen, durch sie erregten Aufsehens kaum beachtenswerth.
Mémoires sur les diverses méthodes inventées jusqu'à présent

157) Beim Verbrennen kommen noch einige speciell erörternde Gegenstände in Betrachtung. Zuerst findet das V brennen entweder mit oder ohne Flamme statt, und eine here Untersuchung der *Flamme* ist daher hier an geeigne Stelle. Manche Körper erlangen einen sehr hohen Grad Glühens, verbreiten dadurch ein Licht, wie das Scintilliren Fixsterne, sprühen auch nicht selten kleine, hellleuchtende tikelchen umher, z. B. Eisen, Platin und andere strengflüs Metalle im Knallgasgebläse; allein es darf dennoch nicht ge werden, dafs sie mit Flamme verbrennen. Letzteres ist dage der Fall bei einfachen und zusammengesetzten Körpern, im Allgemeinen mehr bei den zusammengesetzten. So verb nen Phosphor, Schwefel, einige Metalle, als Zink, Anti u. s. w., mit Flamme, noch mehr aber und eigentlicher W geist, Aether, die ätherischen und fetten Oele, Thierfett, K pher, Wachs, Pech, die verschiedenen Körper aus dem P zenreiche u. s. w.

Die Alten hielten die Flamme für eine eigenthümliche, den Körpern ausgehende Substanz, jedoch ist schon v. H MONT[1], obgleich er das Feuer als ein Mittelding zwis Körper und Eigenschaft ansieht, geneigt, die Flamme als Zustand zu betrachten, in welchen die Theile des brenne Körpers versetzt werden, und MORGAN[2] hält das Licht Flammen für einen Bestandtheil der verbrennenden Körper aus ihnen entwickelt. Bei einiger genaueren Untersuchung kannte man bald, dafs die Flamme durch die Entzündung das Glühen der in Dampfform aufsteigenden Bestandtheile brennlicher Körper entstehe. Hieraus erklärte daher Not die kegelförmige Gestalt der Flamme und einige sonstige genthümlichkeiten derselben; indefs konnte weder dieser die ihm unmittelbar nachfolgenden Physiker eine genaue stellung von der eigentlichen Wesenheit der Flamme h weil ihnen, in der Hypothese von einem vorhandenen Ph ston befangen, die Kenntnifs des Sauerstoffs fehlte und si her namentlich die Nothwendigkeit des Zutritts der äu

---

pour garantir les édifices d'incendies par M. l'Abbé Mann. 1778. Deutsch Frankf. a. M. 1790.

1 Opera omn. Fre. 1707. 4. p. 120.

2 Philos. Trans. T. LXXV. p. 190.

3 Leçons de Physique. T. IV. p. 471.

Digitized by Google

Luft nicht zu folgern und richtig zu deuten wufsten. Es war daher nur halb richtig, dafs STAHL[1] annahm, jede Flamme entwässerige Theile in Dampfform und ein mit Flamme verbrennender Körper müsse daher Wasser als Bestandtheil haben oder wie Kohle und Zink von aufsen aufnehmen. BORN[2] bestätigte diesen Satz durch Versuche, wonach die Flamme desto breiter und mit einer desto gröfseren Atmosphäre umgeben seyn sollten, je mehr Wässeriges sie enthielten, weswegen KLIPSTEIN[3] die Gebläse der Schmelzöfen durch Zuführung von Wasserdämpfen zu verstärken rieth. Die wunderlichen Meinungen von EULER, LOZERAN DE FIESC und dem MARQUIS DE CREQUY über die Flamme[4] zu wiederholen ist nicht der Mühe werth, doch kommen alle mit WEIGEL[5] darin überein, dafs die Flamme das eigentliche Feuerwesen selbst sey. Nachdem die Natur der Gase besser erkannt worden war, gelangte man bald zu der Ansicht, die Flamme bestehe, einige beigemischte Theile abgerechnet, aus verbrennendem Wasserstoffgas, das sich mit der sogenannten dephlogistisirten Luft verbinde, wie zuerst VOLTA[6] äufserte, bis die Untersuchungen von CAVENDISH, PRIESTLEY, LAVOISIER und LAPLACE über die Zusammensetzung des Wassers das Ganze in ein helleres Licht stellten. Dennoch brachten SCHEELE[7], RICHARD KIRWAN[8], selbst DE LUC[9] u. a. ihre Ideen über das Phlogiston mit in die Erklärung der Flamme, bis die allgemeiner aufgenommene, insbesondere aber richtiger erkannte, antiphlogistische Chemie richtige Begriffe über das Wesen der Flammen begründete.

158) Ein verbrennender Körper erzeugt nur dann eine Flamme, wenn glühende Theile von demselben in Dampfgestalt

---

1 Ge. Ern. STAHLII Experimenta, observationes et animadverss. Norol. 1731. 8. §. 81.

2 Lithogeognosie. Berl. 1746. 4.

3 Voigt's Magaz. Th. III. St. 2. S. 169.

4 Recueil des Pièces qui ont remp. le prix cet. 1738—1747.

5 Grundrifs der reinen u. angew. Chemie. §. 315.

6 Lettere sull' aria nativa delle Paludi. Como 1776. 8. Briefe über die natürlich entstehende Sumpfluft. Winterth. 1778. 8.

7 Chemische Abh. von d. Luft und d. Feuer. Ups. u. Leipz. 1778.

8 Experim. and Observ. on the spec. gravities and attractive powers various salines substances. Lond. 1781. 4. Deutsch von v. CRELL. u. Stettin 1783. 8.

9 Neue Ideen über die Meteorologie. Th. I. §. 180.

aufsteigen, und die Flamme wird um so viel leuchtender seyn, kann sagen die *Weifse der Flamme* (*albedo*) ist um so gröfse mehr Theile in ihnen weifsglühen, ohne Beimischung and nicht glühender Theile[1]. Die Flammen verbrennender Me sind daher meistens dunkel und nähern sich in ihren ob Theilen dem Rauche, weil sich die dicht vereinten glühe Theilchen zu schnell abkühlen. Die zum Leuchten diene Flammen sind vorzüglich durch H. Davy[2] untersucht wor Zu ihrer Erzeugung dienen hauptsächlich organische Körper sie können demnach als Producte des Verbrennens von schungen explodirender Gasarten betrachtet werden. Be die Flamme blofs aus reinen verbrennenden Gasarten, so is wenig leuchtend, wie die Flamme des Wasserstoffgases und Knallgasgebläses, und diese würde, ungeachtet der unglaubli durch sie erzeugten Hitze, fast ganz unsichtbar seyn, wenn beide Gasarten im ganz reinen Zustande anwendete. Die ligkeit der Flammen hängt ab von der geeigneten Menge zuerst abgesetzten und dann verbrennenden Kohlenstoffs, cher in der, die eigentliche Flamme bildenden Mischung e dirender Gasarten aufsteigt und weifsglühet. Daher wird Flamme des Wasserstoffgases und des Weingeists durch Zusatz von etwas Terpentinöl nach Hare[3] heller leuch überhaupt aber wird die Helligkeit der Flamme dadurch dingt, dafs gerade nicht mehr Kohlenstoff vorhanden ist welcher durch die explodirende Gasmischung im Zustande vollkommenen Weifsglühens erhalten werden kann, ohne zugleich seine Dichtigkeit zu gering sein darf, wodurch viele Stellen ungenügend erhellet seyn würden. Die W und Leuchtkraft der Flammen hängt also vom richtigen gungsverhältnisse des feinst vertheilten Kohlenstoffs mit explodirenden Gasarten ab, was bei der Gasbeleuchtung zugsweise in Betrachtung kommt[4]. Eine Kerzenflamme, besehen, zeigt die dunkle Stelle, wo der Kohlenstoff ausge

---

1 Vergl. Péclet Traité de la chaleur. Par. 1828. 2 T. I. p. 134.

2 Phil. Trans. 1815. p. 116. 1817. p. 75. Journ. de Phy LXXXIV. p. 148. G. LVI. 141.

3 Silliman Amer. Journ. 1820. Apr. p. 172. Schweigger's J Th. XXX. S. 374.

4 Vergl. *Gasbeleuchtung*. Bd. IV. S. 1082.

Digitized by Google

wird, kenntlich durch den Contrast damit, wo er verbrennt. n die Spitze nimmt die Hitze ab, weil dort der Zutritt Sauerstoffgases, durch die aufsteigende heifse Luft abgehalten, fehlt. Wenn der Docht durch angesammelten Kohlen- wächst, so soll er nach DAVY die Flamme abkühlen und er nur zum dunklen Rothglühen kommen. Aus diesen all- meinen Principien lassen sich leicht die ins Einzelne gehen- Regeln und Bemerkungen ableiten. Unter andern gehört hin die Vermehrung der Helligkeit, welche durch geeignete, Flamme umgebende gläserne Schornsteine erreicht werden . Halten diese den freien Zutritt des in der äufseren Luft haltenen Sauerstoffgases mehr ab, so brennt die Flamme dunk- dienen sie aber dazu, den Luftzug in Folge der in ihnen er strömenden heifsen Luft zu vermehren, ohne eine zu fse Abkühlung zu bewirken, so befördern sie sehr den r der Flamme. Man bemerkt daher bei den Liverpool- n, bei denen die Flamme sich um ein rundes horizonta- Blech biegt, dafs die ohne den gläsernen Schornstein lange dunkel brennende Flamme nach dem Aufsetzen dieses steins sich sofort verkürzt, stark flimmert und mit be- vermehrter Helligkeit brennt. Dahin gehören die Unter- gen von HOLTHOUSE[1] über die geeignetsten Dimensionen men der gläsernen Schornsteine für die verschiedenen n, wie nicht minder JOHN HERSCHEL's[2] Bemerkung, ine gewöhnliche Argand'sche Lampe nur bei einer gewis- Erhebung des Schornsteins die gröfste Helligkeit gewährt, nicht eben bedeutender Vermehrung oder Verminderung ch abnimmt, und auch eine so eben gemachte sehr inter- und nützliche Erfindung, welche dazu dient, die Leucht- gewöhnlicher Lampen auch bei Anwendung des schlech- Oeles bedeutend zu vermehren, und im Wesentlichen lgenden Principien beruht. Die Flamme wird in einiger ung mit einem kurzen, stark und fein durchlöcherten, me- n Rohre umgeben, welches oben durch eine Scheibe ver- sen ist. In der Mitte der letzteren befindet sich ein welches den oberen Theil der Flamme eben durchläfst durch diese selbst stark erhitzt wird. Dieses vermehrt

1. London and Edinb. Phil. Mag. N. CVII. p. 40.
2. Ebendaselbst N. CII. p. 194.

Digitized by Google

nicht blofs den Luftzug im Allgemeinen, sondern insbeson den der sehr erhitzten, durch die engen Löcher eingedrung Luft, befördert daher das Verbrennen und das Weifsglühen in der Flamme befindlichen Kohlenstoffs, und diese Bedin gen, verstärkt durch einen geeigneten Schornstein, erhöhen Leuchtkraft bedeutend [1].

Aehnliche Untersuchungen über die Flammen, als Davy, hat auch Porret [2] angestellt. Jede Kerzenf me, am meisten die gröfsten und hellsten, ist mit schwach leuchtenden Hülle umgeben, welche wegen des h ren inneren Theiles weniger sichtbar erscheint, sehr leicht wahrgenommen wird, wenn man ihr Bild in einem Sp betrachtet. Diese Hülle, welche unten am dicksten ist, durch die weniger kohlenstoffhaltigen Bestandtheile der den verbrennlichen Substanzen durch die Hitze erzeugten arten gebildet. Man sieht dieses deutlich daraus, daf Metallnetz in diesem Theile der Flamme am stärksten g und sich ein Ring oder eine Scheibe von Kohlenstoff an statt dafs letzterer im hellleuchtenden Theile der Flamme brannt wird. Hält man eine Glasröhre von etlichen Zoll L deren innere Weite der des Dochtes ungefähr gleich ist, den brennenden Docht, so werden die verbrennenden Sub zen in derselben niedergeschlagen und lassen sich an der ren Mündung entzünden, auswärts aber setzt sich Kohl Man ersieht übrigens ohne künstliche Versuche alles das, die Flamme gewöhnlicher Kerzen betrifft, wenn man sie bläst und den aufsteigenden Rauch wahrnimmt, dessen Br vorher die Flamme gab. Indem nämlich das durch die Fl selbst flüssig gemachte, oder an sich flüssige, thierische vegetabilische Fett nach den Gesetzen der Capillarität im D aufsteigt, wird es durch die den letzteren umgebende Flam Kohlenwasserstoffgas mit einem Ueberschufs von mecha

---

1 Hierher gehören die Untersuchungen von Christison und ner über die Intensität des Lichtes, welches die verschiedenen L gase geben, und die Mittel, dieselbe zu vermehren, in Ediuburgh Journ. N. XXV. p. 1, vergl. Art. *Gasbeleuchtung* Bd. IV. S. 1114, u neueren über denselben Gegenstand von Andrew Fyfe in Edin New Phil. Journ. N. LVIII. p. 214.

2 Annals of Philos. T. IX. p. 337. Bibl. univ. T. V. p. 97

Digitized by Google

fortgerissenem Kohlenstoff verwandelt, welches aufsteigt und die Flamme fortdauernd nährt. Ist die Menge des Kohlenstoffs gerade genügend, um fortdauernd im stärksten Weifsglühen erhalten zu werden, so ist die Flamme weifs und hell, ist aber die Menge desselben zu grofs, so wird ein Theil mechanisch fortgerissen und setzt sich als Lampenrufs, Kienrufs, Glanzrufs u. s. w. an kalte Körper an. Wird eine Flamme durch Blasen von kalter Luft ausgelöscht, was durch Abkühlung des brennenden Gases leicht geschehen kann, so lassen sich die aufsteigenden Theile wieder entzünden, wenn man ihnen eine Flamme nähert; ist aber der Docht am oberen Ende stark verkohlt, so bewirkt das Blasen der Luft gegen denselben das Wiederentzünden der Flamme, so dafs man sie abwechselnd durch geeignetes Blasen auslöschen und wieder anfachen kann. Will man eine inflammabele Gasart durch glühendes Metall entzünden, so wird dazu eine grofse Masse desselben erfordert. Nach H. Davy[1] wurde ein Strom des aus Kohlen bereiteten Gases nicht entzündet, als er einen glühenden Eisendraht 0,05 Zoll dick und 8 Zoll lang lothrecht hineinhielt, auch nicht durch einen horizontal gehaltenen 0,17 Zoll dicken Draht; wurden aber 6 Zoll des letzteren lothrecht in eine Flasche mit Oehlgas gehalten, so fand Entzündung statt, indem sich das Gas allmälig und anhaltend erhitzte. Man überzeugt sich von der Anwesenheit des Kohlenstoffs in der Flamme nicht blofs durch das Ausblasen derselben, sondern noch einfacher, wenn man einen blanken Platindraht horizontal in die Flamme hält. Durch Abkühlung setzt sich der Kohlenstoff an den Draht und dieser wird schwarz; schiebt man ihn aber durch die Flamme, so verbrennt der Kohlenstoff an dem hervorragenden Ende durch den von aufsen zutretenden Sauerstoff, erhält aber der Draht eine gröfsere Hitze, so wird die Gesammtmenge des an ihn gesetzten Kohlenstoffs verbrannt und der Draht erscheint blank. Libri[2] in seinen gehaltreichen Untersuchungen über die Flamme hat zwar unsere Kenntnifs der Sache nicht wohl eigentlich erweitert, sehr zweckmäfsig ist aber der Vorschlag, zur genaueren Betrachtung derselben ihren Schatten im hellen Sonnenlichte auf einem Blatte weifsen Papiers aufzufangen.

---

1 Philosoph. Trans. 1816. p. 117.

2 Bibliothèque univ. T. XXXIV. p. 173. Poggendorff's Ann. X. 294.

Digitized by Google

159) In dem hier Mitgetheilten ist wohl genügend v ständig alles dasjenige enthalten, was man über die verschi nen Flammen zu wissen verlangen möchte, mit Uebergeh der zahlreichen Modificationen, die sich aus den eigenth lichen Bedingungen leicht erklären lassen. Dahin gehören Verschiedenheiten der Flammen des Leuchtgases, dessen g Masse durch Zutritt des Sauerstoffgases von aufsen verbr des Weingeistes, der Aetherarten und der ätherischen Oele, keines Dochtes bedürfen und doch verbrennen, des Schw Phosphors, der verschiedenen vegetabilischen Substanzen u. Inzwischen giebt es noch zahlreiche Untersuchungen übe beim Verbrennen mit Flamme sich zeigenden Eigenthümli keiten, die ohne tiefer eingehende Erörterungen wenigsten Allgemeinen Erwähnung verdienen[1]. Dahin gehören vorzü die von Blackadder[2], welche hauptsächlich die ungle vom Blauen zum Gelben übergehende Farbe der Weing flamme, so wie auch sonstige bekannte Färbungen der Flam berücksichtigen. Eine Reihe von Versuchen, welche Da anstellte, und die ihm zeigten, dafs das Glühen und die durch erzeugte Hitze in der äufseren Umgebung einer zenflamme wegen des daselbst statt findenden freiesten Z des Sauerstoffgases am stärksten sey, wurden so verstand ob im Innern der Flamme gar kein Glühen statt finde, aber nur bei einer solchen der Fall seyn könnte, in der neres wegen übergrofser Dicke gar kein Sauerstoffgas zu gen vermöchte. Dieses veranlafste eine abermalige intere Reihe von Untersuchungen, welche Blackadder[4] anstell denen er diejenigen expansibelen Substanzen, welche i Flamme verbrennen, durch sinnreiche Vorrichtungen vor Entzündung erhielt, so dafs man auf die angegebene We Stande seyn würde, diese genauer chemisch zu bestimmen hieraus die Verschiedenheiten der Flammen sicherer zu ren. Waldie[5] bestreitet zuerst den Satz, dafs man

1 Unter andern R. Mallet's Versuche in London and E Phil. Mag. N. XLI. p. 404, die nur beiläufig hier erwähnt w mögen.

2 Edinburgh New Phil. Journ. N. I. p. 56.

3 Annals of Philos. N. LX. Dec. 1825. p. 447.

4 Edinburgh New Phil. Journ. N. II. p. 224.

5 London and Edinb. Phil. Mag. N. LXXX. p. 86. Sein

Digitized by Google

streng sagen könne, der verbrennliche Körper verbrenne in dem das Verbrennen bedingenden und durch denselben, indem vielmehr beide gleichmäfsig hierbei thätig seyen, was sich jedoch schon von selbst versteht, sobald man das Verbrennen überhaupt als eine chemische Action betrachtet. Diese specielle Rücksicht veranlafste ihn aber zur Construction eines kleinen Apparates, vermittelst dessen er verschiedene Gasarten in einander verbrennen liefs und dabei die Formen und Farben der erzeugten Flammen untersuchte. Verbrennt zuerst ein Strom von Leuchtgas in atmosphärischer Luft, so besteht die erzeugte Flamme, wie die einer Kerze, 1) aus einem in der Mitte befindlichen dunklen Theile unzersetzten Gases; 2) aus einem sehr kleinen, den dunklen überragenden, sehr leuchtenden und weifsen Theile, worin der Kohlenstoff weifs glühet; 3) aus einer blauen, den dunklen Theil einschliefsenden und in den leuchtenden eintretenden Hülle, welche aus brennendem, aber nicht zersetztem Gase besteht; 4) aus einer Hülle von blauer, ins Röthliche oder Lila spielender Farbe, unten am dünnsten und nach oben an Dicke wachsend, aus der eigentlich verbrennenden Mischung bestehend, worin daher die Hitze, begreiflich am meisten im dunklen Theile, am stärksten ist, und 5) aus einer gelblich braunen, dünnen, hauptsächlich den oberen Theil umgebenden Hülle, welche aus unzersetzten Producten der Verbrennung besteht. Die beiden letzteren sieht man am besten bei einer kleineren Gasflamme wegen der Intensität ihres Verbrennens. Diese Formen ändern sich je nach der Gasart, welche verbrennt, und derjenigen, worin sie verbrennt, wobei hauptsächlich die *Diffusibilität* der Gase bedingend wirkt, welche nach Graham's Untersuchungen den Quadraten ihrer Dichtigkeiten umgekehrt proportional ist. Auch Kemp[1] fand Anstofs an dem Satze, welcher einen wesentlichen Unterschied zwischen verbrennlichen und das Verbrennen bedingenden Körpern aufstellt, liefs daher Sauerstoffgas in Wasserstoffgas verbrennen, wie es auch durch Hess[2] mit gleichem Erfolge geschah, welcher zugleich bemerkte, dafs die Flamme des Sauerstoffgases im

---

seine stimmen im Wesentlichen genau mit denen überein, welche Graham in seinen bekannten älteren erhielt. S. Philos. Trans. T. CXXV, p. 1.

1 Journal für prakt. Chemie. Th. III, S. 44.

2 Poggendorff's Ann. XLIV. 536.

Digitized by Google

reinen Wasserstoffgase gröfser ist, als im Kohlenwasserstoff
weil nach seiner Ansicht vom ersten Gase mehr als vom l
ten zur Neutralisirung des Sauerstoffgases erfordert wird.

160) Die *Farbe der Flammen* sollte eigentlich weifs s
denn wenn die Hitze so stark ist, dafs der Lichtäther dad
in Schwingungen versetzt wird, und wenn sich aufserdem
weisen läfst, dafs die Flamme erst beim starken Glühen
Körper, beim sogenannten Weifsglühen, brennt, so führt d
auf die Voraussetzung einer weifsen Flamme; es folgt je
schon aus dem Vorhergehenden, dafs nicht alle Theile in
sen Zustand des Weifsglühens gesetzt werden, indem nam
lich oft beim Brennen harzreicher Hölzer und stark mit
oder Fett getränkter Körper dicke Massen nicht glühe
Kohlenstoffs als Rauch aufsteigen, und die weifs leuchte
Theile der Flammen sind daher fast allezeit mit Partikeln
mengt, welche die Flamme trüben, und mit andern, die i
eine eigenthümliche Farbe geben. Die nicht eigentlich ge
ten gewöhnlichen Flammen haben aufser dem weifsen Ha
theile einige mehr farbig spielende Partieen, wie so eben
wähnt wurde, die aber wegen der geringen Intensität d
Lichtes von keinem merklichen Einflufs sind, sobald nu
Flamme im Ganzen die bereits bezeichnete Weifse hat,
man ihr zu geben sucht, weil sie dadurch zur Beleuchtun
geeignetsten wird. Unter modificirenden Bedingungen t
indefs stärker auffallende Färbungen hervor. So bemerkt H
dafs Sauerstoffgas im Wasserstoffgas verbrennend eine
Farbe giebt, selbst wenn es aus Röhren von Glas oder P
ausströmt, statt dafs im umgekehrten Falle eine bleiche,
gelbliche Flamme zum Vorschein kommt, da doch in be
Fällen eine weifse und auf jeden Fall eine gleiche Fla
entstehn müfste, weswegen er meint, die Farbe der Fla
hänge von der Atmosphäre ab, worin sie brennt. Inzwis
ist dieses keine Erklärung und die Sache verdient aller
näher untersucht zu werden. Nach den unverkennbar int
santen Versuchen von Blackadder[2], welcher zur Vermei
anderweitiger Bedingungen Weingeist und Oel ohne D
verbrennen liefs, wechseln die Flammen dieser Körper

1 Poggendorff's Ann. a. a. O.
2 Edinburgh New Philos. Journ. N. J. p. 58.

Digitized by Google

sehen Blau und Gelb, zuweilen mit Weifs, inzwischen läfst sich aus seinen ausführlichen Angaben kein kurzes Resultat entnehmen, aufser etwa, dafs die bei der *monochromatischen Lampe*[1] zum Vorschein kommende gelbe Flamme eine Folge der unvollkommenern Verbrennung seyn soll. Das Licht dieser monochromatischen Lampen ist von geringer Intensität, es verdient daher Beachtung, dafs nach einer Angabe von TALBOT[2] sie zu einer auffallenden Helligkeit gesteigert wird, wenn man auf den Docht einer Weingeistlampe ein Stück Kochsalz legt und einen Strom Sauerstoffgas dagegen bläfst. Legt man statt dessen ein Stück Strontiansalz oder Barytsalz auf den Docht, so erhält man die diesen zugehörigen farbigen Flammen von gröfserer Lebhaftigkeit, als durch die sonst üblichen Verfahrungsarten. Uebrigens gehören die Färbungen der Flammen, wie man sie auf Theatern und bei Illuminationen anwendet[3], zu sehr ins Gebiet der Technik, als dafs hier ausführlich darüber zu handeln wäre, weswegen nur einige wenige Angaben genügen werden. Man erhält sie meistens dadurch, dafs Alkohol, worin die färbenden Substanzen aufgelöst sind, verbrannt wird. Salzsaurer Kalk, Baryt oder Strontian geben eine leicht darzustellende, sehr schön rothe Flamme, am besten, wenn man nach HÜNEFELD[4] Strontianchlorid in Weingeist auflöst und mittelst eines Asbestdochtes oder in einem Platintiegel erwärmt verbrennt. Eine schöne blaue Flamme erhält man durch das Verbrennen eines Gemenges aus 2 Th. gebranntem Kupfervitriol, 2 Th. weifsem Pech und 1 Th. Salmiak auf glühenden Kohlen oder in einer Weingeistflamme, auch wenn man etwas davon an den Docht einer Kerze bringt; ebenso eine grüne aus 2 Th. Grünspan, 1 Th. Salmiak und 2 Th. Pech[5]. Sonst kann man auch eine grüne Flamme durch Kalisalze und Kupfervitriol erhalten[6], oder noch einfacher mittelst einer Auflösung von salpetersaurem Kupfer in Weingeist, oder aus gleichen Theilen von pulverisirtem salpetersauren Baryt und

---

1 S. Art. *Lampe*. Bd. VI. S. 62.

2 London and Edinb. Phil. Mag. N. XIII. p. 35.

3 Man läfst das Licht sehr häufig durch gefärbte Gläser fallen, was gar nicht hierher gehört.

4 Schweigger's Journ. Th. LX. S. 383.

5 Lichtenberg's verm. Schriften Th. VII. S. 364.

6 Kastner's Archiv Th. X. S. 483.

Digitized by Google

Kohlen[1]. Nach Herschel[2] wird das Rothfeuer, dessen ma sich in den Theatern bedient, durch Verbrennung von salpe tersaurem Strontian hervorgebracht.

161) Es dürfte hier der Ort seyn, des *indischen Weif feuers* zu gedenken, welches zu nächtlichen Signalen sehr geeign ist und insofern wissenschaftliche Bedeutsamkeit hat. D Engländer bedienten sich dessen bei ihren Gradmessunge theilten es den Franzosen mit, und diese brachten die Bestan theile durch chemische Analyse heraus[3]. Diese sind hierna 24 Th. Salpeter, 7 Th. Schwefel und 2 Th. rother Arseni sie werden zu einem feinen Pulver gestofsen und genau g mengt in runde Schachteln von der Höhe ihres Halbmesse gepackt. Diese werden mit einem Deckel von Schachtelh versehn, worin sich ein rundes Loch zum Anzünden befind Schachtel und Deckel werden mit Papier verklebt, um das Ze streuen beim Transporte zu verhüten. Beim Gebrauche öff man das Loch im Deckel, um die Masse zu entzünden, schne det den Deckel rundherum los, damit er leicht wegfliege, u entzündet durch eine gewöhnliche *Zündruthe*, welche von d französischen Artilleristen[4] aus 4 Th. fein gestofsenem, gere nigtem Salpeter, 2 Th. Schiefspulver, 2 Th. Kohlenpulver u 1 Th. Schwefelblumen, wohl pulverisirt, gemengt und dur ein Haarsieb gebeutelt, gemacht werden. Diese Masse befin sich in papiernen Patronen von der Dicke eines Federki worin dieselbe fest eingestampft wird. Man schneidet die ve klebte Spitze mit einer Scheere ab, entzündet mittelst ein Lunte oder Kohle die an einem Stocke befestigte Zündruthe, d dann das Weifsfeuer leicht und schnell in Brand setzt, oh jemals zu verfehlen, das brennende Ende der Zündruthe mu aber, um das gänzliche Verzehren zu verhüten, mit ein Scheere abgeschnitten werden. Eine Schachtel mit indische Weifsfeuer von 6 Z. Durchmesser und 3 Z. Höhe brennt g wöhnlich 3 Minuten und verbreitet ein so helles Licht, da

---

1 Edinburgh N. Phil. Journ. N. VI. p. 393.

2 Aus Correspond. math. et phys. T. V. p. 254 in Poggendorf Ann. XVI. 186.

3 S. v. Zach monatl. Corresp. Th. XV. S. 523. Th. XVI. S. 1 Vergl. allg. geogr. Ephem. Th. III. S. 87.

4 Eine andere Zusammensetzung ist 8 Th. Schwefelblumen, 4 T Salpeter und 2 Th. Schiefspulver.

Digitized by Google

nan dasselbe bald nach Sonnenuntergang bis auf 36000 Toisen (über 9 geogr. Meilen) sehn kann.

162) Die noch immer zu keinem endlichen Resultate führenden Untersuchungen über das *griechische Feuer* hier aufzunehmen wäre zweckwidrig; wahrscheinlich war dasselbe eine Art Schiefspulver, woraus man wegen Neuheit der Sache mehr machte, als eine unbefangene Würdigung ergeben konnte[1]. Offenbar enthalten die Nachrichten über die Wirkungen dieses Feuers Uebertreibungen, und da von den dazu verwendeten Substanzen, ja selbst von der äufsern Beschaffenheit der Masse kaum oder gar nicht geredet wird, so bleibt die Sache stets im Gebiete der Vermuthungen, und es ist keine Hoffnung vorhanden, jemals anders, als etwa durch Auffindung einer bis jetzt nicht benutzten historischen Quelle zu einer genauern Kenntnifs hierüber zu gelangen, wie dieses Mac Culloch[2] überzeugend dargethan hat. Nach diesem bestand dasselbe einestheils aus sehr verbrennlichen, vielleicht Naphtha enthaltenden Substanzen, theils aus explodirenden, von denen Salpeter ein Bestandtheil seyn mochte.

163) Demjenigen, was bereits gelegentlich über das *Licht* gesagt worden ist, *welches die mit Flamme verbrennenden Körper erzeugen*, kann hier noch nachträglich Einiges hinzugefügt werden, obgleich diese Aufgabe sich hauptsächlich auf die Construction der zum Erleuchten dienenden Lampen bezieht, worüber bereits in einem eigenen Artikel[3] gehandelt worden ist. Mit dem grofsen Aufschwunge, welchen die technischen Bestrebungen in den neuesten Zeiten erhalten haben, bemächtigen sich die Techniker sofort der durch die Forschungen der Physiker aufgefundenen Resultate, und man lernt daher gegenwärtig nicht selten die praktischen Ausführungen früher kennen,

---

1 Vergl. Hamburgisches Magaz. Th. XI. S. 347. Th. XII. S. 7. Arzius will ein Recept dazu in einer Handschrift der Münchener Bibliothek gefunden haben. S. Sonnini in Biblioth. phys. écon. an. 2. T. II. p. 355. ann. 9. T. V. p. 376. Viel ist enthalten in: Liber ignium ad comburendos hostes auctore Marco Graeco, ou traité de feux propres à détruire les ennemis cet. publié d'après les manuscrits de la bibliothèque nationale. Par. 1804. 4.

2 *New Annals of* Philos. T. IV. p. 390. Aus Journ. of the Royal Institut. *N. XXVII.*

3 S. Art. *Lampe.* Bd. VI. S. 39 ff.

Digitized by Google

als die wissenschaftlichen Erörterungen allgemeiner bekan werden. Viel konnte indefs zu dem über diesen Gegenstan bereits Bekannten neuerdings nicht hinzukommen, da die Aufgabe durch den Grafen Rumford so erschöpfend behand worden war. Will man auf ältere Bemühungen zurückgehn, enthalten Wild's[1] Versuche über die Substanz der Dochte u die Anwendung der verschiedenen Combustibilien zur Beleuc tung einige Belehrungen, denen jedoch genauere photometrisc Bestimmungen abgehn. Letzteres ist nicht der Fall bei d bereits erwähnten Versuchen des Grafen Rumford[2], die da einen vorzüglichen Werth haben und aus denen hervorge dafs die Stärke des Lichts wächst, wenn durch gröfsere I tensität der erzeugten Hitze ein höherer Grad des Weifsglüh des in der Flamme enthaltenen Kohlenstoffs hervorgebra wird. Hiermit stimmt H. Davy's[3] Ansicht überein, won die grofse Helligkeit der Argand'schen und Liverpool-Lam auf der grofsen Hitze beruht, welche der Flamme dersel eigen ist und den verbrennlichen Substanzen mitgetheilt wi Hierauf beruhn auch die durch Reid[4] aus seinen Versuc entnommenen Regeln für die Beschaffenheit der Kerzendoc wonach sie weder zu dick noch zu dünn seyn dürfen und besten aus einzelnen neben einander geordneten Strängen stehn. Hassenfratz[5] mufste im Auftrage der Regierung (im 2 Jahr d. Republ.) die Intensität des durch verschiedene Kö gegebenen Lichtes und die hieraus folgende sparsamste M thode der Beleuchtung untersuchen. Auch dieser brachte hi bei die Photometrie durch den Schatten in Anwendung, erh aber von den durch Rumford gefundenen sehr abweiche Resultate, denen wohl die wenigsten beipflichten dürften; d nach ihnen wird von weifsen Wachskerzen dreimal so verzehrt, als von Rübsamenöl in einer Zugluftlampe verbr nend, um gleiche Mengen Licht zu geben, und doppelt so v

---

1 Voigt's Magazin. Th. II. S. 652.

2 Aus Philos. Trans. 1812. in Bibl. Brit. T. LIV. p. 3. Schw ger's Journ. Th. IX. S. 240.

3 Philosoph. Trans. 1817. p. 74. Vergl. oben §. 157 und daselbst angegebene Mittel zur Verstärkung des Lichtes.

4 Wiener Zeitschrift. Th. IX. S. 230.

5 Ann. de Chim. T. XXIV. Daraus in Scherer's Journ. Th S. 453.

Digitized by Google

als von Wallrathkerzen. Hiervon sehr abweichende Ergebnisse gehn aus den Versuchen hervor, die von Hermbstädt[1] in Folge höherer Aufforderung mit verschiedenen Arten von Kerzen angestellt wurden, inzwischen sind seine photometrischen Messungen zu wenig sicher, als dafs sich genaue Bestimmungen daraus ableiten liefsen.

164) Nachträglich zu dem, was in dem genannten Artikel über die Construction der *Lampen* gesagt worden ist, kann hier noch eine ausführliche Abhandlung über diesen Gegenstand von Crivelli[2] in Mailand erwähnt werden. Hieraus ersieht man, dafs die durch Rob. Boyle angegebenen Lampen, bei denen das Niveau durch den Luftdruck stets gleich erhalten wird, schon im Anfange des 17ten Jahrhunderts durch Cardanus[3] vorgeschlagen, die durch Girard verfertigten aber durch Carcel[4] nicht unwesentlich verbessert worden seyen. Crivelli selbst bringt eine der letztern ähnliche, und zwar verbesserte, in Vorschlag, deren Beschreibung aber für den vorliegenden Zweck zu weitläuftig seyn würde, weswegen ich mich begnüge, auf die Quelle zu verweisen; eine Aufzählung der verschiedenen neuern Verbesserungen der Lampen bezüglich auf ihre Form und ihren Bau wird man aber hier nicht suchen[5]. In wissenschaftlicher Hinsicht wichtig für den Chemiker und in vielen Fällen auch für den Physiker sind die *Weingeistlampen*, deren man sich zum Erhitzen, zum Abdampfen, Verflüchtigen u. s. w. häufig bedient. Aufser den gewöhnlichen ist vorzüglich die von Berzelius empfohlene, mit einem Argand'schen Dochte, einer Beachtung am meisten werth; Verbesserungen derselben haben unter Andern Hess[6] und Batka[7] in Vorschlag gebracht, der Gegenstand fällt indefs der Chemie in Beziehung

---

1 Scherer's Journ. Th. IV. S. 40.

2 Jahrbücher des polyt. Instit. in Wien. Th. XIV. S. 1.

3 De subtilitate.

4 Journal de l'Industrie nationale et étrangère 1825. Sept.

5 Vergl. Arago und Fresnel über mehrere parallele Dochte und ihre Anwendung auf Leuchtthürmen in Ann. de Chim. et Phys. T. XVI. p. 279 und Guyton's Auszug aus Nicholson's Journ. N. II. über Lampen überhaupt. Ebend. T. XXIV. p. 104.

6 Poggendorff's Ann. XLI. 198.

7 Ebendaselbst XLIII. 183.

Digitized by Google

auf chemische Geräthschaften anheim. Schliefslich möge noch einer Erfindung gedacht werden, die sich auf eine gabe BLACKADDER's[1] gründet, dafs man statt eines Do auch ein enges Röhrchen benutzen könne, worin das durch Capillarität aufsteigt und an der obern Spitze entzü weiter brennt. Wenn man daher ein enges, kaum 0,5 weites Röhrchen von dünnem Glase oder von Metall durc dünnes Blech und dann durch einen Kork steckt, letzteren gereinigtem Oele schwimmen läfst und das Oel an der S des Röhrchens entzündet, so brennt es mit einer kleinen, nehmend weifsen Flamme, der des Leuchtgases ähnlich, wegen man eine solche Vorrichtung auch *Gaslampe* ge hat. Leider steht dem Gebrauche entgegen, dafs das Ende des Röhrchens sich durch erhärteten Kohlenstoff stopft, welcher am Rande und im Innern so fest ansitzt, man ihn nur selten wegnehmen kann, ohne das Röhrche zerbrechen.

Eine sehr wichtige Aufgabe ist die Bestimmung der *memenge*, welche durch das Verbrennen der verschied Körper erzeugt wird, wobei nur im Vorbeigehn bemerkt den kann, dafs man sich hierbei zum Messen eigener App bedient, *Calorimeter* genannt[2], und zwar neuerdings in Regel des Wassercalorimeters, mit denjenigen Abänderu und Modificationen, welche die jedesmaligen Zwecke fordern.

165) Soll ein Verbrennen statt finden, so mufs nach aufgestellten Begriffe ein *Glühen* vorhanden seyn, welches Dunkelrothglühn durch Kirschroth zum Weifsglühn über Im Allgemeinen ist die vorhandene Hitze der Stärke des Gl proportional, allein es giebt sehr viele Abweichungen von ser Regel. Die zunächst liegende Frage, wie grofs die H seyn müsse, um überhaupt das Glühn hervorzubringen, noch keineswegs genügend beantwortet worden, auch steht e bestimmten Entscheidung der Umstand entgegen, dafs dieses ungleichen Körpern verschieden ist. Schon FORDYCE[3] w gefunden haben, dafs wenn Körper ungefähr von 160° bis

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. I. p. 52.
2 S. Art. *Calorimeter*. Bd. II. S. 9.
3 Philos. Trans. T. LXVI. p. 504.

Digitized by Google

C. erhitzt werden, das Glühen beginne, allein der brennende Phosphor habe bei weitem diese Hitze nicht, und THÉNARD[1] bemerkte bei seinen Versuchen mit dem *Tachopyrion*, dafs Fichtenholz unter atmosphärischem Drucke in Sauerstoffgas blofs verkohlt werde, ohne zu brennen, unter einem Drucke von 5 Met. Quecksilberhöhe aber schon bei 252° C. in Brand gerathe. Man setzt den Schmelzpunct des Bleies bei ungefähr 335° C., und da bekanntlich Blei sich in Papier schmelzen läfst, wobei letzteres blofs verkohlt wird, welches Verkohlen ebenfalls eintritt, wenn man es in geschmolzenes Blei unmittelbar vor seinem Gestehn taucht, so ist hieraus zu schliefsen, dafs das Verbrennen des Papiers bei noch höherer Temperatur statt findet. PÉCLET[2] meint, zur Erzeugung des Lichts beim Verbrennen seyen wenigstens 500° C. erforderlich, und den sorgsamen Messungen von POUILLET[3] mit seinem Luftthermometer verdanken wir einige genauere Bestimmungen hierüber. Hiernach ist

Anfangendes Roth . .	525° C.	dunkel Orange . .	1100° C.
Dunkelroth	700 —	hell Orange	1200 —
Hell Kirschroth . . .	800 —	Weifs	1300 —
Kirschroth	900 —	hell Weifs	1400 —
Hell Kirschroth . .	1000 —	blendend Weifs . .	1500 —

Man macht jedoch die helle Flamme des Phosphors, welche keine Hitze nicht zu haben scheint, eine Ausnahme, und auch Flammen können heifser seyn, als selbst zum Weifsglühn erforderlich ist, ohne nur überhaupt zu glühn, denn nach H. DAVY[4], welcher die Hitze des glühenden Glases durch die Erkühlung der Luft gemessen zu 557° C. annimmt, ist ein Strom, in welchem Metalldrähte weifsglühend werden, nicht heifser. Auf gleiche Weise ist die Flamme des Knallgasgebläses am Tage kaum sichtbar und würde noch weniger leuchtend seyn, wenn man reine Gase anwendete; dennoch aber ist die dadurch erzeugte Hitze so unermefslich grofs. Wich-

---

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XLIV. p. 181.
2 Traité de la chaleur. Par. 1828. T. I. p. 151.
3 Compte rend. 1836. T. II. p. 782. Poggendorff's Ann. XXXIX. 561. Pouillet Éléments de Physique. Par. 1837. T. I. p. 238.
4 Philos. Trans. 1817. p. 54 u. 67.

tig in dieser Beziehung sind die Versuche, welche Arn
Fyfe[1] angestellt hat, um die verhältnifsmäfsigen Mengen
Licht und Wärme zu ermitteln, welche durch Leuchtga
zeugt werden, wenn es aus den verschiedenen in England
bräuchlichen Apparaten ausströmend verbrennt. Die Inten
ten des Lichts zeigten sich hierbei bedeutend verschieden,
gleiche Mengen verbrannten Gases gaben als einfacher
verbrannt 100, mit zwei andern Vorrichtungen 140 und
mit einem Glasschornsteine nach Art einer Argand'schen L
verbrannt 180, also bedeutend ungleiche Quantitäten
Ganz anders aber verhielt es sich mit der erzeugten
me. Um diese zu messen, diente ein sehr einfacher Ap
Fig. 44. Ein einfacher hohler Cylinder von Blech B, oben zum Ve
der Verdampfung mit einem Deckel verschlossen, hatte i
nem Innern einen andern A von etwas geringerm Durch
und nicht ganz bis zur Mitte des gröfsern hinaufragend,
cher unten offen und mit der Röhre c c zum Abführe
etwa entstehenden Rauches versehn war. Verbrannte die
me im Innern des kleinen Cylinders A, so theilte sie d
gröfseren befindlichen Wasser die erzeugte Wärme mit.
bei zeigte sich, dafs gleiche Mengen verbrannten Gases
gleich sie zwischen 15 und 40 Minuten Zeit zum Verb
bedurften und sehr ungleiche Mengen Licht entwickelten,
che Erwärmungen des Wassers erzeugten. Noch auffal
zeigte sich dieses Resultat, als die Argand'sche Lamp
welcher das Gas aus 42 kleinen Oeffnungen ausströmte
gewandt wurde. War die Flamme 3 Zoll hoch und nur
nuten brennend, mit einem Glasschornsteine, so erwärm
das Wasser um 55° F., und um ebenso viel, wenn sie nur
Zoll hoch ohne oder mit einem Schornsteine 12 Minuten br
ja auch dann, wenn sie kaum sichtbar 30 Minuten zum
brennen der gleichen Menge von Gas bedurfte. Hiernach
man also sagen, dafs die erzeugte Hitze allezeit, ohne
sicht auf die Menge des erzeugten Lichtes, der Quantit
verzehrten Gases proportional ist. Es scheint daher eine
starren Körpern zukommende Eigenschaft zu seyn, ein
Glühhitze proportionales helleres Licht zu erzeugen, un
theoretisch höchst wichtige, meistens ohne genauere Pr

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. LVIII. p. 227.

Digitized by Google

genommene Satz, dafs die Intensität der Wärme der Intensität des Lichts stets proportional sey, ist nicht als allgemein gültig zu betrachten.

Ist dagegen der erforderliche, durch die Intensität des Lichts sich ankündigende Grad des Glühns wirklich vorhanden, so können auch andere Körper dadurch zu einer gleichen Glühhitze gebracht werden, wenn sie nicht durch ihre Masse zu sehr abkühlend wirken oder zu viel Wärme erfordern, um selbst glühend zu werden. In einer gewöhnlichen Lichtflamme ist Weifsglühhitze vorhanden, wie man namentlich zuweilen kleinen, in die äufsern Theile der Flamme sich erstreckenden, glänzend weifsglühenden Theilchen des Dochtes sieht, allein mufs sie auch dünne Körper zu gleicher Hitze bringen, weswegen nach PARROT[1] feinste Glasfäden in ihr schmelzen, das Gold dünner übergoldeter Silberdrähte verflüchtigt wird und Platindraht in ihr verbrennt. Hält man das Ende einer Clavier-Saite No. 12 einen Augenblick in eine Kerzenflamme, so wird es beim Herausziehn unter Funkensprühn verbrennen, ja TENNANT[2] verbrannte auf diese Weise sogar feinsten Platindraht, am auffallendsten aber ist die durch die kaum sichtbare Flamme des Knallgasgebläses erzeugte Hitze.

166) Nach dem in LAVOISIER's anthiphlogistischem System aufgestellten Satze, dafs das Verbrennen auf einer Verbindung des Sauerstoffs mit verbrennlichen Grundlagen beruhe, ist man geneigt, den Ursprung der Wärme bei diesem Processe blofs von der Bindung des Sauerstoffgases abzuleiten, die Menge der erzeugten Wärme aber der Quantität des verzehrten Sauerstoffgases proportional zu setzen, und WELTER[3] behauptet sogar, die durch gleiche Mengen Sauerstoffgas erzeugte Wärme sey stets gleich, mit welchem brennbaren Stoffe dasselbe auch verbunden seyn möge; allein dieses stimmt weder mit der Theorie noch der Erfahrung überein. H. DAVY[4] erklärt sich dagegen und behauptet namentlich, unter den Gasarten gebe Sauerstoffgas die gröfste, Kohlenoxydgas dagegen die geringste Hitze. Bei der langsamen Verbindung des Sauerstoffs mit

1 Theoretische Physik. Th. II. S. 95.
2 Philos. Trans. 1816. p. 117.
3 Ann. de Chim. et Phys. T. XIX. p. 415. T. XXVII. p. 223.
4 Philos. Trans. 1817. p. 52. Biblioth. univ. T. IV. p. 153.

Phosphor unter nicht unbedeutender Lichtentbindung ist erzeugte Wärmemenge sehr gering; ja man hat geglaubt werde dadurch gar keine Wärme frei. Letzteres ist zwischen nicht der Fall, obgleich die geringe Quantität gewöhnlichen Thermometern nicht leicht wahrgenommen Nobili und Melloni[1] brachten aber in einem kleinen flector ein Stück verleuchtenden Phosphor an, stellten ihn thermoelektrischen Säule gegenüber und erhielten aller Ablenkungen der Magnetnadel, welche Wärmeentbindung an ten, obgleich eine weit geringere, als dafs man sie der M des verzehrten Sauerstoffgases, wenn man andere Processe vergleicht, proportional setzen könnte[2]. Wenn es also allgemeines Princip giebt, woraus die Menge der erze Wärme sich entnehmen läfst, oder ein solches bis jetzt weni nicht aufgefunden worden ist, so mufs dieselbe durch Erfa gefunden werden. Hierüber besitzen wir eine zahllose M Versuche, von denen hier nur einige der wichtigern aufz men sind; allein die verschiedenen Resultate stimmen einander nicht vollkommen, mitunter sogar sehr wenig üb weil die Versuche schwer und mannigfaltig bedingt sind[3] Messungen mit dem Calorimeter gehören zu den sehr sc rigen rücksichtlich der genau zu bestimmenden mittleren peratur der gesammten Wassermasse oder der Menge de schmolzenen Eises, der Einflufs der Wärmestrahlung von nach aufsen ist nicht leicht zu bestimmen, und aufserdem die raschere oder langsamere Verbrennung und die vollsti Mittheilung aller dadurch erzeugten Wärme an das Calor nicht unbedeutende Fehler herbeiführen, so dafs aus allen die Verschiedenheit der erhaltenen Resultate leicht e bar wird.

167) Wissenschaftlich würde es vom gröfsten In seyn, zuvor die Wärmemenge genau auszumitteln, durch die Verbindung des Sauerstoffs mit *einfachen* pern erzeugt wird, und dann bei zusammengesetzten K

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XLVIII. p. 198. Poggendorff XXVII. 449.

2 Es liefse sich annehmen, dafs zwar eine gröfsere Menge me erzeugt, aber durch die Expansion des Phosphordampfes gebunden würde.

3 Vergl. Guyton de Morveau in Ann. de Chim. T. XC. p.

Digitized by Google

durch Berechnung zu prüfen, ob und wie weit die erzeugten Wärmemengen der Summe der durch die einfachen Bestandtheile derselben hervorgerufenen gleich sind. In einigen Fällen ist dieses durch den Grafen Rumford, durch Péclet und Andere geschehn, keineswegs aber vollständig genug, um zu allen Gesetzen zu gelangen, und überhaupt sind die meisten hieher gehörigen Versuche blofs zu dem Ende angestellt worden, um auszumitteln, welche Brennstoffe technisch mit dem gröfsten Vortheil verwandt werden. Unter die wichtigsten ältern Versuche dieser Art gehören die von Lavoisier[1] mit seinem Eiscalorimeter angestellten, um die Heizkraft der in Paris gangbaren Combustibilien auszumitteln, die von Hassenfratz[2], wobei er sich ebenfalls des Eiscalorimeters bediente, desgleichen die von Berthollet und Desormes[3] über die verhältnifsmäfsige Wärmeproduction durch Verbrennung der Holzkohle, der Steinkohle, des Holzes und Torfs, insbesondere aber die des Grafen Rumford[4], wobei er sich des nach ihm benannten Wassercalorimeters bediente. In diesen ist zunächst eine rein wissenschaftliche Tendenz vorherrschend, inzwischen war auch dieser Gegenstand durch die Bemühungen, die Heizapparate in München praktisch zu verbessern, zur nähern Untersuchung dieses Problems veranlafst worden, weswegen sich dann aus seinen Versuchen zugleich die ungleichen Wärmemengen ergeben, die man durch Verbrennen verschiedener Combustibilien zu erhalten vermag. Unter die ältesten, aber stets noch der Beachtung werthen Versuche, die eben daher gewöhnlich neben denen von Lavoisier und Rumford genannt zu werden pflegen, gehören die von Crawford[6], ungleich vorzüglicher sind die von Gren[7], welcher sich dabei eines Wassercalorimeters be-

---

1 Histoire de l'Acad. 1781. p. 379.

2 Ann. de Chimie T. XXIV. p. 78.

3 Recherches physico-chimiques de MM. Gay-Lussac et Thénard. T. II. p. 344.

4 Aus Nicholson's Journ. 1812. Juni in G. XLIV. 1. XLV. 28 ff.

5 Experimental Essays political, economical and philosophical. Vol. VI. G. III. 309. IV. 85. 222. 330.

6 On animal heat and combustion. Second ed. Lond. 1788.

7 Ein neues System des chemischen Theils der Naturwissenschaft. Ueb. Berl. 1812. Th. I. S. 87.

Digitized by Google

diente, dessen Inhalt genau 30000 Grän Wasser betrug, Menge der verbrennenden Gase aber, die in einer Blase einem Hahn befindlich waren, wurde so gewählt, dafs das lumen derselben unter atmosphärischem Drucke so grofs als das von 30000 Grän Wasser; die sonstigen Substa verbrannten in einer Lampe so, dafs die Spitze der Fla genau den Boden des Calorimeters berührte. Bei allen brennungen diente die Temperaturerhöhung des Wassers vergleichbares Mafs. Eine von dieser fast allgemein in An dung gebrachten abweichende Methode wählte Marcus Bu um die verhältnifsmäfsige Heizkraft der in America gebrä lichen Brennmaterialien, namentlich der verschiedenen Hol ten, zu messen. In einem gut verschlossenen gröfsern Z mer erbauete er ein kleineres blofs aus Holz, als schlecht meleitender Substanz, setzte ein kleines Oefchen hinein, w die Stoffe möglichst gleichmäfsig verbrannten, sorgte d dafs der Raum beim Durchgange durch ein sehr langes, im nern des kleinern Zimmers herumgeführtes Rohr sich ge abkühlte, und mafs die erzeugte Wärme vermittelst meh Thermometer.

168) Die Vergleichung der erhaltenen Resultate läfst auf zweierlei Weise anstellen, entweder indem man die M des zum Verbrennen erforderlichen Sauerstoffgases als Ei annimmt und die durch die Verbindung mit derselben erz Wärme der verschiedenen Combustibilien bestimmt, oder man das Gewicht der letztern als Einheit betrachtet und Rücksicht auf die Menge des verzehrten Sauerstoffgases die zeugte Wärme mifst. Die Bestimmungen nach der erstern thode sind wichtig zur Entscheidung der Frage, ob die zeugte Hitze der Quantität des verzehrten Sauerstoffgases all proportional ist, nach der zweiten aber haben sie ein ökonomisches Interesse, sofern beim gewöhnlichen Verbre die atmosphärische Luft das erforderliche Sauerstoffgas Aufwand von selbst hergiebt und es sich daher blofs um

---

1 Aus Transactions of the Phil. Soc. at Philadelphia T. III. in Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie natio XXVI. ann. 1827. Daraus in Jahrbücher des Wiener polyt. Insti Th. XVI. S. 344 u. Péclet Traité de la Chaleur. T. I. p. 144. Trans. of the Amer. Phil. Soc. New Ser. 1826. in Dingler's p Journ. Th. XXIV. S. 251. 336.

Digitized by Google

Menge des erforderlichen Brennstoffs handelt. Nach der letzteren Methode hat Péclet[1] eine Zusammenstellung gegeben, die ich hier mit einigen Zusätzen mittheile, und zugleich bemerke, daß die Zahlengröfsen der erzeugten Hitze nur einen relativen, zur Vergleichung dienenden Werth haben, die brennbaren Substanzen aber, so wie das verzehrte Sauerstoffgas, in Gewichten ausgedrückt sind.

Brennstoffe	verzehrtes Oxygen	erzeugte Hitze	Beobachter
...s trocknes Holz	1,377	3500	Rumford
...feltr. Holz (25 Proc. Wasser)	1,033	2600	Rumford
...kohlen	2,655	7300	Lavoisier
...alfette Steinkohlen	2,234	6000	Clement
... .	2,655	6500	Marcus Bull
...r Torf	. . .	3000	Clement
...kohlen	. . .	6400	Péclet
...drogen	8,038	23400	Lavoisier
—		22125	Clement
—		23640	Despretz
...lenwasserstoff	3,923	6375	Dalton
...engendes Gas	3,370	6600	Dalton
...lenoxydgas	0,572	1857	Dalton
...venöl	3,020	9044	Rumford
—		11196	Lavoisier
...einigtes Rübsöl	. . .	9307	Rumford
...wefeläther	2,520	8030	Rumford
...ohol	2,470	6195	Rumford
...itus (Weingeist gew.) . .	. . .	5261	Rumford
...chlitt	3,109	8639	Rumford
—		7186	Lavoisier
...tes Wachs	3,129	9479	Rumford
—		10500	Lavoisier
...htha (spec. Gew. 0,827) .	3,228	7338	Rumford
...phor	1,380	7500	Lavoisier
...rpentinöl	3,228	4500	Dalton
...wefel	1,005	1462	Dalton
...nöl	1,180	9475	Rumford

Aus diesen Bestimmungen liefse sich leicht finden, wie groß die relative Wärmemenge ist, welche durch die Verbindung gleicher Theile Sauerstoff mit den verschiedenen brenn-

[1] *Traité de la Chaleur.* T. I. p. 220.

baren Substanzen erzeugt wird, wenn anders jene so ge
wären, dafs es sich der Mühe lohnte, diese Berechnung
zustellen, um ein allgemeines Gesetz darauf zu gründen; n
zu gedenken, dafs die durch die verschiedenen Gelehrten
fundenen Resultate merklich von einander abweichen. I
spielsweise mögen nur einige dieser Angaben hier angef
werden[1]. Nach Despretz verhält sich die durch gleiche M
gen Sauerstoff mit Wasserstoff und Kohle erzeugte Wärme
1:1,012, nach Dalton die durch 1 Th. Sauerstoff mit ö
zeugendem Gas, mit Kohlenwasserstoffgas, mit Kohlenoxy
und mit Phosphor erzeugte Wärme wie 1:0,819:1,695:1,
H. Davy[2] fand beiläufig, dafs bei gleichen Theilen Sauerst
gas die Wärmemenge mit Kohlenoxydgas = 1, mit hy
thionsaurem Gas = 1,12, mit ölerzeugendem Gas = 1,6,
Wasserstoffgas = 4,3 ist. Nach einer spätern Versuchsr
von Despretz[3], wovon jedoch nur einige Notizen bekannt
worden sind, entwickelt 1 Gramm Sauerstoff mit Wasser
2578°, mit Kohlenstoff 2967°, mit Eisen 5325° C. W
me, und dem Eisen kommen Phosphor, Zink und Zinn
nahe[4].

169) Wir besitzen aus der neuesten Zeit eine Arbeit,
che leider nicht vollendet worden ist, denn sonst würde sie
muthlich alle diesen Gegenstand betreffende Fragen erledigt
ben; der für die Wissenschaft zu früh verstorbene Du
hatte sie begonnen, es sind aber nur einzelne von ihm ge
dene Resultate aus seinen Papieren zu unserer Kenntnifs
langt[5]. Das von ihm gebrauchte *Calorimeter*[6] war dem
sen nach ein Wassercalorimeter und bestand aus einem re
eckigen kupfernen Kasten, 10 Cent. lang, 7,5 Cent. breit

---

1 Vergl. L. Gmelin Handbuch der Chemie. Th. I. S. 149.
burgh Journ. of Science. N. XVII. p. 161.

2 Schweigger's Journ. Th. XX. S. 12.

3 Ann. Chim. et Phys. T. XXXVII. p. 180. Poggend
Ann. XII. 519.

4 Für technische und ökonomische Benutzung des Brenn
rials ist belehrend: Buchanan practical and descriptive Essays
Glasgow 1810. Ein Auszug in Bibl. Brit. T. XLVI. p. 105.

5 Aus compte rend. T. VII. p. 871 in Poggendorff's Ann.
451.

6 Die Beschreibung ist etwas undeutlich, doch läfst sich
Wesentliche der Construction daraus entnehmen.

Digitized by Google

25 Cent. tief. Die zu verbrennenden Substanzen wurden in diesen geleitet durch zwei Röhren, deren eine parallel an der Wand herabgehend etwas über dem Boden einmündete, die andere, zuerst vertical herabgehend, dann unter dem Boden hinlaufend, mündete vertical aufsteigend in demselben, und beider Oeffnungen hatte man mit Dillen versehn. Waren die hierdurch herbeigeführten Substanzen verbrannt, so entwichen die dadurch erzeugten gasigen Producte und die erhitzte Luft aus dem Kasten durch einen rechteckigen Canal von 5 Cent. Weite, dessen Mündung etwas über dem Boden in der dem Eintritt der zum Verbrennen bestimmten Substanzen gegenüber liegenden Wand befindlich war. Dieser Canal, in fast horizontaler Richtung sieben- bis achtmal hin und her gebogen, ging dann fast senkrecht herab und stieg demnächst wieder herauf, um in zwei cylindrischen Dillen zu endigen, deren eine, in der Axe des Rohrs befindlich, das Thermometer aufnahm, um die Temperatur des Gases zu messen, welches durch die andere Dille in ein Gasometer geführt wurde. Durch ein mittelst einer Glasscheibe bedecktes, in einer der Ecken aufgelöthetes Rohr lassen sich die Erscheinungen des Verbrennens beobachten. Ein horizontales, auf der Ebene der Zuleitungsröhren befindliches Rohr sollte wahrscheinlich zur Verbrennung von Flüssigkeiten dienen. Der obere Rand des Kastens war mit einer Rinne versehn, in welche die Ränder eines kupfernen Deckels gesenkt und durch Quecksilber abgesperrt wurden; dieser Deckel aber trug ein zwei Cent. weites kupfernes Rohr. Der ganze Kasten nebst Zubehör, mit Ausnahme der Dillen, stand in einen andern mit Wasser gefüllten Kasten von 11 Liter Rauminhalt eingeschlossen und zur Messung der Temperatur des stets umgerührten Wassers dienten zwei Thermometer. Beim Experimentiren verbrannten die Gase an den Spitzen der Zuleitungsröhren, die Flüssigkeiten mittelst Baumwollenfäden in einem sie enthaltenden Röhrchen, das Eisen wurde als spiralförmiger Draht verbrannt, die übrigen Metalle in Pulverform in einer Kapsel von Kupfer oder Platin, und sie waren mit einer indifferenten Masse gemengt, wenn man ihr Zusammenballen fürchtete; die Entzündung geschah durch etwas Schwamm, die Kohlencylinder mit scharf zulaufender Spitze wurden in Kohlenpulver stark geglüht, nach langsamem Erkalten brauchte man nur ihre Spitze in einer Weingeistflamme

Digitized by Google

glühend zu machen, worauf sie in Sauerstoffgas weiter brann ten. Vor allen Dingen benutzte Dulong die durch Rumfor angegebene Vorsicht, den Apparat vor dem Anfange des Ver suches ebenso weit unter die Temperatur der Umgebung ab zukühlen, als seine Wärme beim Ende desselben mehr be trug, und die Zeitdauer bis zur Erreichung des Mittels un die nach dem Eintritt desselben einander möglichst gleich z machen.

Als allgemeine Resultate, welche Dulong aus den be kannt gewordenen und den vielleicht noch in seinen Papier verborgenen Versuchen entnommen hat, werden folgende an gegeben: 1) die entwickelten Wärmemengen sind für gleic Substanzen fast gleich bei verschiedenen Temperaturen.

2) Gleiche Volumina von allen Gasen entwickeln bei ihr Verbindung mit Sauerstoff gleiche Wärmemengen.

3) Auf eine gleiche Sauerstoffmenge entwickelt sich eine gle che Wärmemenge, es mag sich eine Verbindung wie R + oder R + 2 O bilden.

4) Bei den starren Substanzen sind die entwickelten Wä memengen sehr ungleich.

Der erste dieser Sätze ist sehr wichtig und es läfst sich g gen denselben, so wie gegen den vierten nicht wohl etw einwenden; der zweite und dritte, wenn man den letzteren g nau nimmt, scheinen mir unter sich im Widerspruche z stehn, stimmen aber auch mit den von Dulong selbst angeg benen einzelnen Resultaten nicht überein. Hierbei wird d Wärmeeinheit diejenige angenommen, welche 1 Gramm flüssig Wassers bei mittlerer Temperatur um 1° C. zu erwärmen ve mag; die Dichtigkeit der Gase ist auf 0° Temperatur und 0, Met. Barometerstand reducirt. Die folgende Tabelle enthält d mittleren Resultate aus mehrern Versuchen, und zwar zue die Wärmemengen, welche ein bestimmtes Mafs der brennb ren Substanz durch Aufnahme des erforderlichen Sauersto entwickelt, und dann diejenige, die durch Verbindung von e nem bestimmten Mafse Sauerstoff mit dieser Substanz erz wird.

Digitized by Google

Ein Liter	Wärme	Ein Liter	Wärme
Wasserstoff	3106,64	Sauerstoff	6207,28
Sumpfluft	9587,67	Sauerstoff	4695,32
Kohlenoxydgas . . .	3130,33	— — — — —	. . . .
ölbildendes Gas . . .	15338,0	— — — — —	. . . .
Alkoholdampf	14380,5	— — — — —	. . . .
Terpentinöldampf . .	70607,0	— — — — —	. . . .
Schwefelätherdampf	33350,5	— — — — —	. . . .
Cyan	12270,3	— — — — —	. . . .
1 Gramm Schwefel . .	. . . .	— — — — —	2601,16

Mit einem Liter Sauerstoff gab die zur Sättigung erforderliche Menge folgende Wärmequantitäten:

Eisen	6216,5	Antimon . . .	5365,8
Zinn	6508,6	Zink	7576,6
Zinnoxydul . .	6405,6	Kobalt	5721,0
Kupfer[1] . . .	3531,3	Nickel	5333,0
Kupferoxydul	3130,0		

Dulong scheint vermuthet zu haben, dafs zwischen den *specifischen Wärmen* der Stoffe und der durch gleiche, beim Verbrennen absorbirte Sauerstoffmengen erzeugten Wärme ein einfaches Verhältnifs obwalte.

170) Schliefslich mufs hier noch eine Behauptung erwähnt werden, welche Dr. Thomas Mac Krever[2] auf eine Reihe von ihm angestellter Versuche gründet. Hiernach soll der Verbrennungsprocefs im Lichte rascher erfolgen, als im Schatten,

---

1 Beim Kupfer und Antimon wird die Sauerstoffmenge nach Mafs und Gewicht angegeben; da ich mir aber nicht vorzustellen vermag, wie *ein Liter* Sauerstoff nach Mafs und Gewicht verschieden sein kann, so vermuthe ich, dafs das, was *nach Mafs* heifst, die unmittelbar gemessene Gröfse, *nach Gewicht* aber die corrigirte bezeichnet, denn für die Bestimmung des Sauerstoffgases wird 0° C. Temperatur und 0,76 Met. Barometerhöhe angenommen, wonach also das Resultat der Messung corrigirt werden mufste. Die von mir aufgenommenen Gröfsen sind daher die nach Gewicht mit Benutzung der höchst wahrscheinlichen, durch Poggendorff angegebenen Verbesserung.

2 Ann. of Phil. N. S. T. X. p. 344. Daraus in Poggendorff's Ann. IX. 509.

Digitized by Google

und die Ursache dieses Einflusses in der desoxydirenden Wi kung der Sonnenstrahlen liegen. Diese letztere Vermuthu baut er auf eine Versuchsreihe, wonach gleiche Mengen gl cher Kerzen unter übrigens gleichen Bedingungen in den vi letten Strahlen in kürzerer Zeit verzehrt wurden, als in d rothen und gelben. Die Thatsache hat etwas sehr Auffallende denn statt der sehr entfernt liegenden Erklärung, dafs dur die desoxydirende Wirkung der Sonnenstrahlen der Verbre nungsprocefs als eine Art Oxydation merklich gehindert we den könne, sollte man vermuthen, dafs umgekehrt das Ve brennen im Sonnenlichte rascher erfolgen müsse, da nach all Erfahrungen die Wärme den Verbrennungsprocefs bedeute befördert und auch in den vorliegenden Versuchen die Tem peratur in den Sonnenstrahlen merklich höher war, als i Schatten. Inzwischen gesteht Keever selbst, dafs er auf sei Versuche nicht die nöthige genaue Sorgfalt verwandt habe, w durch die Resultate den erforderlichen Grad der Zuverlässigk erhalten haben könnten, und wir müssen also mit Poggen dorff die mitgetheilten Thatsachen für nicht genügend erach ten, um eine physikalische Wahrheit darauf zu gründen, um mehr, als weder der erste Experimentator noch auch irge ein anderer Physiker seitdem diesen Gegenstand weiter g prüft hat.

171) Wenn es sich darum handelt, die Erscheinungen d Verbrennens mit den allgemeinen Gesetzen der Wärmelehre Einklang zu bringen, so lassen sich die hierüber aufgestellt Hypothesen unter vier Classen ordnen. Nach Berzelius[1] sin im Allgemeinen alle Wärmephänomene zugleich auch elektri sche, sofern durch Verbindung beider Elektricitäten Wärm erzeugt wird, wonach dann die durch das Verbrennen zu Vorschein kommende nichts anderes als das Resultat der Ver einigung der Elektricitäten zweier Körper seyn kann, der einer negativ, der andere positiv elektrisch ist. Diese Erklä rung mufs mit der ganzen Hypothese, wonach die Wärm überhaupt nichts anderes als eine Verbindung beider Elektrici täten ist, stehn oder fallen, und da sie später in diesem Ab schnitte (§. 218) zur Untersuchung kommen wird, so ist e am besten hierauf zu verweisen[2]. Nach einer zweiten Hy

1 Versuch über die chemischen Proportionen. S. 79.

2 Die sogenannte elektrische Hypothese ist in dieser Gestalt kla

pothese, die man dem Wesen nach als von LAVOISIER stammend betrachten könnte, giebt der Sauerstoff oder eigentlicher das Sauerstoffgas die Wärme her, welche beim Verbrennen zum Vorschein kommt, während der verbrennende Körper sich neutral verhält. Es würde ungerecht seyn, durch strenges Festhalten am Worte diese Ansicht dadurch zu widerlegen, dafs der Sauerstoff, wie oben (§. 135) gezeigt wurde, nicht nothwendige Bedingung des Brennens im weitern Sinne des Wortes ist, denn man könnte hierauf erwidern, dafs namentlich das Chlor die Stelle des Sauerstoffs vertrete, obgleich, wenn man auch dieses zugeben wollte, die Erklärung mancher der genannten Phänomene nicht ohne vielfache gezwungene Hypothesen statt finden könnte; allein es müfste doch auf jeden Fall, die Sache mit der unerläfslichen Strenge genommen, bei den gewöhnlichen Verbrennungen die erzeugte Hitze den Quantitäten des absorbirten Sauerstoffs direct proportional seyn, was sicher der Erfahrung widerstreitet. Hiermit innig zusammenhängend ist diejenige Hypothese, welche sich nicht blofs auf die Verbrennungen speciell, sondern auf alle zu dieser Classe gehörigen Wärmeerzeugungen durch Chemismus erstreckt, wodurch die Quelle dieser Wärme in einer Verdichtung der verbundenen Substanzen liegen soll. Hiernach würde diese Art der Wärmeproduction mit der durch Compression erzeugten zusammenfallen. Liefse sich dieses durchführen, so fände es schon eine bedeutende Stütze in der Vereinfachung des Erklärungsprincips, welches gleichzeitig auf mehrere Classen von Phänomenen der Wärmeerzeugung anwendbar wäre, und es ist daher von grofser Wichtigkeit, zur sichern Entscheidung der Frage zu gelangen, ob bei allen mit Wärmeerzeugung verbundenen Processen chemischer Verbindungen zugleich eine Volumensverminderung statt findet. Es ist indefs vielseitig, am gründlichsten durch BERZELIUS[1], gezeigt worden, dafs dieses nicht statt findet, und dafs demnach weder LAVOISIER's, noch die letztere, etwas modificirte Hypothese mit anerkannten unzweideu-

---

und bestimmt. Weniger läfst sich dieses sagen von einer durch DULONG und PETIT geäufserten Meinung, wonach Wärme überall so erzeugt werden soll, als beim Glühn der Kohlenspitzen durch den elektr. Strom in mephitischen Gasarten ohne chemische Veränderung nach H. DAVY's Versuchen. S. Ann. Chim. et Phys. T. X. p. 412.

1 Lehrbuch der Chemie. Th. III. S. 49.

Digitized by Google

tigen Thatsachen bestehn kann, obgleich Duflos[1] sich gr Mühe gegeben hat, jene Theorie aufrecht zu halten, wobei j jedoch das Gezwungene seiner Erklärungen keinen Augenb verkennen kann. Als auffallendes Beispiel kann erwähnt w den, dafs beim Verbrennen von Kohle in Sauerstoffgas Volumen des letztern nicht vermehrt und dennoch eine enorme Hitze erzeugt wird. Allerdings ist das Product, Kohlensäure, dichter, als das verzehrte Sauerstoffgas, aber im Verhältnifs von 1,3716:1, und eine Zusammendrück um nicht völlig 0,38 müfste daher eine gleiche Hitze erzeu als das Verbrennen der Kohle, was gegen alle Erfahrung st tet. Wenn sich Schwefel und Kupfer verbinden, so gesch dieses mit Ausscheidung von Licht und Wärme, es findet eigentlicher Verbrennungsprocefs statt; dennoch aber ist spec. Gewicht des Schwefelkupfers geringer, als das mit der vereinten Körper, und die Quelle der Wärme kann d in einer Verdichtung nicht liegen, weswegen Berzelius[2] elektrischen Hypothese seine Zuflucht nahm, sofern der positiv elektrische Schwefel mit dem sehr negativen Kupfe Verbindung kommt. Beispiele dieser Art, welche zeigen, dafs Quelle der durch Chemismus erzeugten Wärme nicht in gleichzeitig statt findenden Verdichtung liegen könne, lie sich noch mehrere aufzählen, allein es mufs hierbei noch andere Bedingung berücksichtigt werden. Nach einer vie Hypothese nämlich wird durch jede chemische Verbindung, also auch die im Verbrennungsprocesse statt findende, ein n Körper erzeugt. Soll hierbei gar keine Wärme frei werden müfste die specifische Wärme des neuen Körpers dem M der specifischen Wärme beider vereinter Körper gleich s im entgegengesetzten Falle aber entweder Wärme frei oder bunden werden. Dieses vorausgesetzt wird also angenomm dafs beide durch Verbrennen vereinte Körper so viel von rem Wärmestoffe hergeben, als erforderlich ist, den neugebi ten auf die bei der Vereinigung beider Stoffe vorhandene T peratur zu bringen, und dafs der Ueberschufs als freie Wä entweichen mufs.

172) Diese letztere Hypothese ist unter der Voraussetz

---

1 Kastner's Archiv. Th. XVII. S. 556.
2 G. XXXVII. 279.

Digitized by Google

des Vorhandenseyns eines materiellen Wärmestoffes so natürlich, so nahe bei der Sache liegend, man dürfte sagen so nothwendig bedingt, dafs sie nicht wohl anders als durch ganz entscheidende Gegengründe aufgegeben werden kann, und denoch stehn ihr solche in dieser ihrer einfachen, nicht modificirten Gestalt allerdings entgegen. Es wäre ein Leichtes zu untersuchen, ob die specifische Wärme der durch Verbrennen unter Ausscheidung von Licht und Wärme erzeugten Producte um so viel geringer ist, als die mittlere der vereinten Körper, um hieraus die Menge der entwickelten Wärme zu erklären; allein man mufs hierbei wohl berücksichtigen, dafs die verbrennenden Körper mehrere Stadien eines wechselnden Aggregatzustandes durchlaufen, ehe sie bleibend in die neue Form versetzt werden. Vorzugsweise hat Prechtl[1] scharfsinnig nachgewiesen, dafs die beim Verbrennen des Wasserstoffs und der Kohle durch den Sauerstoff gegebene Wärme allerdings hinreiche, um die bei diesem Processe frei werdende Hitze zu erklären, was zwar zunächst zur Unterstützung der dritten Hypothese dienen würde, füglich aber erst hier zur Erörterung kommen kann, weil sich bald zeigen wird, dafs die verbrennenden Substanzen zugehörige Wärme, genau genommen, nicht vernachlässigt werden darf.

173) Zuvörderst bemerkt Prechtl, dafs die Gröfsenbestimmungen der specifischen Wärme zwar angeben, wie viel Wärme erforderlich ist, um gleiche Gewichte der Körper auf dieselbe Temperatur zu bringen, zugleich aber keine Kenntnifs der absoluten Wärmemengen der Gasarten gewähren, welche letztere sich vielmehr aus der durch Compression entwickelten Wärme finden läfst. Atmosphärische Luft entwickelt nach Versuchen von Prechtl selbst bei fünffacher Verdichtung 290° C. während Wasserdampf, um aus dem tropfbaren Zustand in Dampfform überzugehn, nur 550° C. Wärme bedarf und also, indem er hierdurch eine 1700fache Ausdehnung erhält, auch umgekehrt durch eine gleiche Zusammendrückung nur 550° Wärme entwickeln kann. Wenn dann die für Luft gefundene Wärmeentwickelung durch Compression auch für Sauerstoffgas gilt, so würde in Gemäfsheit dessen, dafs 290° einer fünffachen

1 Jahrbücher des polytechnischen Instituts in Wien. Th. XIV. S. 136.

Compression zugehören, eine Wärmeentbindung von 550° eine 9,46fache Zusammendrückung erfordern. Die Gröfsen di ser für gleiche Wärmeentbindung erforderlichen Zusamme drückungen geben aber das umgekehrte Verhältnifs der absol ten vorhandenen Wärmemengen, und es ist also die Wärm welche bei der Verbrennung des Wasserstoffgases im Sauerstof gas durch den gebildeten Wasserdampf absorbirt wird, $= \frac{9,}{17}$ oder nahe $\frac{1}{180}$ derjenigen Wärme, die aus dem Sauerstoffg durch Verdichtung in der chemischen Verbindung entwick worden ist. Zu einem ähnlichen Resultate führt das Verbre nen der Kohle. Nach früheren Versuchen von Prechtl[1] en halten 288,5 Kubikfufs Wasserdampf ebenso viel Wärme, 473 Kubikfufs kohlensaures Gas. Da aber durch Verbrennu von 1 Kubikfufs Sauerstoffgas mit Wasserstoffgas 2 Kubikfu Wasserdampf gebildet werden, so entsprechen $\frac{473 \times 2}{288,5} = 3,$ Kubikfufs kohlensaures Gas den 2 Kubikfufs Wasserdampf, u da durch Verbrennung der Kohle in 1 Kubikfufs Sauerstoffg 1 Kubikfufs kohlensaures Gas entsteht, so enthalten 3,28 Kubi dieses Gases ebenfalls nur $\frac{1}{180}$ des aus 1 Kubikfufs Sauerstoffg durch Verbrennung entbundenen Wärmestoffes, oder die Wä me, welche durch Verbrennung der Kohle in Sauerstoffg durch Bildung des kohlensauren Gases latent wird, beträgt n $\frac{1}{180 \times 3,28} = \frac{1}{590}$ oder nahe nur den 600sten Theil der übe haupt erzeugten, wonach also die gleichzeitig zum Vorsch kommende Hitze leicht erklärbar wird.

174) Dieser sehr scharfsinnigen Deduction kann man gebührende Anerkennung nicht versagen, dennoch aber lass sich durch allseitige Beleuchtung der Thatsachen mehrere Zwe fel dagegen nicht verkennen, die zuletzt in eine förmliche W derlegung übergehn dürften. Zuvörderst darf nicht übersel werden, dafs der Satz: die Wärmeentbindung durch Compre sion ist der Zusammendrückung direct proportional, theoretis nicht wohl genügend begründet erscheint, in der Erfahru aber eine bestimmte Widerlegung findet. Denken wir uns e gewisses Luftvolumen, zum bessern Anhalten eine Kugel a

1 Jahrbücher des k. k. polyt. Instituts. Th. IX. S. 112.

Digitized by Google

einer beliebigen Menge Kugelschichten von gleichem Inhalte bestehend, und setzen wir die absoluten Wärmemengen jeder einzelnen $= s, s', s'', s''' \ldots . s^{n-1}$, die Summe der gesammten Wärmemenge aber $= S$, so würde der Satz, dafs nach der Zusammendrückung der ganzen Kugel um die Gröfse einer Kugelschicht die entbundene Wärme $= s$ und nach abermaliger Zusammendrückung $= s'$, also im ersten Falle der bleibende Rest der Wärme $S_, = S - s$ und im zweiten $S_, = S - (s + s')$ wäre, nur in dem Falle theoretisch begründet seyn, wenn die Kugelschichten s und s' ganz weggenommen würden, und man ihren dadurch frei werdenden Wärmestoff quantitativ unverändert zu erhalten vermöchte; da aber die Theile der ersten, dann die der zweiten u. s. w. in die übrigen hineingepreſst werden, wodurch deren Dichtigkeit und Wärmecapacität geändert wird, so mufs $S_, = S - s \pm x$ und $S_, = S - (s + s') \pm x'$ seyn, je nachdem der Rest der Kugelschichten durch die Verdichtung Wärme abgiebt oder verschluckt. Hiernach kann also s nicht wohl $= s'$ seyn, weil durch Hineindrücken der einen Kugelschicht in die andern die Dichtigkeit und somit zugleich der Erfahrung nach deren relative Wärmecapacität sich ändert[1].

175) Wird das Gewicht der aufgestellten Beweisgründe durch diese Argumentation mindestens geschwächt, so geschieht dies noch mehr durch folgende Betrachtung. Wenn Wasserdampf eine 1700fache Verdichtung erleidet, so entsteht tropfbar flüssiges Wasser, und es werden 550° C. Wärme ausgeschieden. Dafs hieraus nicht mit Sicherheit zu schliefsen sey, es werde durch 5fache Verdichtung $\frac{5}{1700} \cdot 550°$ C. ausgeschieden, haben wir so eben gesehn. Aber wenn man dieses auch zugeben wollte, so würde daraus noch keineswegs folgen, dafs die hierdurch erhaltene geringe Wärme das vollständige Ergebnifs der bloſsen Compression sey, da vielmehr Wasser gebildet wird, welches einen grofsen Theil der erzeugten Wärme aufnehmen und nur einen geringen Theil übrig lassen könnte. Die Zusammendrückung des gesättigten Wasserdampfes läfst sich daher mit der der Gasarten nicht unbedingt ver-

1 Vergl. relative Wärme.

gleichen, noch weniger aber kann aus der Wärme, wel erfordert wird, um das schon vorhandene Wasser in Da zu verwandeln, unbedingt auf die durch Compression des Da pfes frei werdende in der Art geschlossen werden, dafs letztere mit der durch Compression der Gase entbundenen gleichen könnte, denn beim Wasserdampfe findet ein Punct gröfsten Dichtigkeit statt, welcher bei den Gasen fehlt, wenn Dämpfe vom Puncte dieser gröfsten Dichtigkeit an d Wärme ausgedehnt werden, so mufs für gleiche Ausdehnu bei ihnen mehr Wärme erforderlich seyn, als bei den Ga ten, weil die specifische Wärme des Wasserdampfes gr ist, als die irgend einer Gasart. Hieraus würde aber fol dafs durch Compression des über den Punct seiner grö Dichtigkeit durch Wärme ausgedehnten Wasserdampfes bi einem den Punct der gröfsten Dichtigkeit nicht erreiche Grade mehr Wärme, als aus gleich stark verdichteten Gas ausgeschieden werde. Ein Versuch dieser Art würde sch seyn, wäre aber allein geeignet, um eine genügende Ver chung zu geben.

176) Ohne jedoch die Entscheidung auf diesem Wege zuwarten, läfst sich durch eine andere Betrachtung die U lässigkeit der Hypothese leicht anschaulich machen, und benbei pafst diese Argumentation auf beide vorliegende spiele. Prechtl nimmt an, die exorbitante Hitze der brennung sey das Resultat einer gänzlichen Verdichtung Sauerstoffgases, indem er die Wärme des erzeugten Wa dampfes den 180sten und der gebildeten Kohlensäure 600sten Theil der durch Verdichtung des Sauerstoffgases erz ten Hitze nennt; allein dann müfste diese Verdichtung n wendig auch wirklich vorhanden seyn. Setzen wir aber Mittel nach Biot und Arago, nach Berzelius und Du die Dichtigkeit des Sauerstoffgases = 1,10319, die des Wa stoffgases nach eben diesen Autoritäten = 0,07101, die der mosphärischen Luft = 1 angenommen, so ist die mittlere D tigkeit eines Gemenges aus 2 Volumen Wasserstoffgas und 1 lumen Sauerstoffgas = 0,41506, die Dichtigkeit des erzeu Wasserdampfes aber nach meinen eigenen Versuchen am hö sten = 0,63619, und die Verdichtung ist daher nur eine 0,

1 Vergl. *Gewicht, specif.* Bd. IV. S. 1506.

Digitized by Google

fache, durch welche nicht mehr als 80° C. Wärme erzeugt werden könnte, wenn eine 5fache 290° C. giebt, vorausgesetzt, dafs durch Verdichtung des Wasserstoffgases gleich viel Wärme, als durch die des Sauerstoffgases frei würde, was sich mit Grund bezweifeln läfst. Ein ebenso ungünstiges Resultat giebt das Verbrennen der Kohle in Sauerstoffgas. Da aus 1 Volumen Sauerstoff durch Aufnahme des Kohlenstoffes ein Volumen Kohlensäure erzeugt wird und beider Dichtigkeiten sich verhalten wie 1,10319 : 1,52181, so entsteht durch das Verbrennen nur eine 0,38fache Verdichtung, wodurch also nur 22° C. Wärme frei werden könnten. Berzelius[1] bezweifelt daher mit vollem Rechte, dafs eine so geringe Verdichtung den Grund der aufserordentlichen erzeugten Hitze abgeben könnte.

177) Die einfache Würdigung offen vorliegender Thatsachen führt uns indefs zu einem unwiderleglichen Argumente, woraus die Unzulässigkeit der bisherigen Hypothesen zur Evidenz hervorgeht und welches uns zugleich nöthigt, die Sache von einem veränderten Gesichtspuncte zu betrachten. Sollen die Verbrennungsprocesse vollständig erklärt werden, so sind vor allen die, viele derselben begleitenden, *Explosionen* wohl zu berücksichtigen. Wird eine Stahlfeder in Sauerstoffgas verbrannt, so entwickelt sich zwar eine unglaubliche Hitze, so wie durch ein Essenfeuer; entweicht der Dampf aus gröfseren Gefäfsen, so ist dieses mit einer aufserordentlichen Ausdehnung verbunden, allein es fehlt das Wesentliche der Explosion, welches darin besteht, dafs plötzlich eine nicht wohl anders als durch gröfste Hitze erzeugte Ausdehnung eintritt, die ebenso schnell wieder schwindet, so dafs die Luft in den so erzeugten leeren Raum mit Heftigkeit eindringt und dadurch das eigenthümliche platzende Getöse hervorruft. Um einen festen Anhaltpunct zu haben, dürfen wir nur ein allseitig bekanntes Phänomen, das Verpuffen des Knallgases, in nähere Betrachtung ziehen, welches ohnehin schon vielfach dazu gedient hat, die gangbaren Theorieen des Verbrennens anzufechten. Bei der Verpuffung des Knallgases verbindet sich dem Gewichte nach 1 Th. Wasserstoffgas mit 8 Th. Sauerstoffgas und 9 Th. Wasser. Setzen wir die specifische Wärme des letzteren 1, die des Wasserstoffgases = 3,2936 und die des Sauer-

[1] Jahresbericht. 1831. S. 60.

stoffgases = 0,2361, so ist die mittlere specifische Wä
des Erzeugnisses

$$\frac{3{,}2936 + 8 \times 0{,}2361}{9} = 0{,}5758.$$

Waren also die Temperaturen der Gase anfänglich = 100°
so müfste die des entstandenen Wassers = 57°,58 wer
also eine Temperaturverminderung von 42°,42 C. erfolgen,
dafs die Erfahrung eine bedeutende Wärmezunahme gie
Die Einwendung, dafs kein eigentliches Wasser, sondern
Wasserdampf gebildet werde, hilft nicht genügend, denn
specifische Wärme des Wasserdampfes ist 0,8470 und es m
daher unter den angegebenen Bedingungen doch immer
eine Temperaturverminderung von 27°,12 C. eintreten.
findet zwar allerdings eine Verdichtung statt, wie so eben
zeigt wurde, allein diese ist so gering, dafs daraus keine Q
der enormen erzeugten Hitze abgeleitet werden kann.
grofs die bei dieser Verbrennung erzeugte Hitze eigentlich
ist zwar schwer zu messen, allein auf jeden Fall müssen
sie als sehr grofs annehmen, da sich Glühhitze vorhanden
und der blendend weifsen Glühhitze am Tage nach Pou
1500° C. zugehören (§. 165). Wollen wir aus Rücksich
die enormen Wirkungen des Knallgasgebläses die durch d
Verbrennung bewirkte doppelt so grofs, also zu 3000° C.
nehmen, so würde es unmöglich seyn, den Ursprung einer
chen Hitze aus irgend einer quantitativen Anhäufung der
gebenen Wärme abzuleiten. H. Davy[2] schlägt indefs
sinnreich vor, die durch Verbrennung der Gase erzeugte W
aus der Expansion zu bestimmen. Wenn Cyanogen
Sauerstoffgas im Verhältnifs von 1 und 2 in einer Glasröhre ver
fen, so dehnen sie sich um das 15fache ihres anfänglichen Volu
aus, wonach er annimmt, dafs zu dieser Ausdehnung eine T
peraturerhöhung von 5000° F. = 2778° C. erfordert w
Wollen wir diese nur näherungsweise angegebene Gröfse
nauer bestimmen, so giebt, das ursprüngliche Volumen
gezogen,

---

1 Vergl. Scholz Physik. 2. Aufl. S. 284. L. Gmelin Hand
d. Chemie Th. I. S. 150 setzt hinzu, dafs sich die Verbindunge
Zinks, Bleis und Kupfers mit Sauerstoff und ohne Zweifel noch
andere ebenso verhalten.

2 Philos. Trans. 1817. p. 67.

Digitized by Google

$$\frac{14}{0{,}00375} = 3733^{\circ}\ \text{C.}$$

im Momente des Verbrennens statt findende Wärme, die beim Verpuffen des Knallgases noch gröfser seyn müfste.

178) Diese Betrachtungen beziehen sich indefs blofs auf den Procefs des Verbrennens, die Erscheinungen des Explodirens sind aber hiervon noch wesentlich verschieden. Die entwickelte Hitze erzeugt eine unglaubliche Expansion, allein diese ist nur momentan vorhanden; es tritt sofort ein leerer Raum ein, den die zurückgedrängte, dadurch verdichtete und mit verdoppelter Heftigkeit zurückströmende Luft wieder einnimmt, worauf der entstehende heftige Knall beruht. Dafs sich dieses wirklich so verhalte, zeigt die Erfahrung; denn man hat elektrische Pistolen, welche im Augenblicke nach der Explosion geschlossen werden und daher nicht knallen. Soll daher das Phänomen der Verpuffung vollständig erklärt werden, so darf die Frage, wo der erzeugte Wärmestoff bleibe, und wie er so augenblicklich wieder verschwinden könne, um diese Erscheinung hervorzubringen, dabei nicht übersehen werden. Wollte man daher, um dieses genauer zu analysiren, die durch Verbrennung des Knallgases entstehende Wärme aus der gröfseren Dichtigkeit des gebildeten Wasserdampfes, verglichen mit der des Gasgemenges, ableiten, so müfste Wasserdampf von dieser Dichtigkeit wirklich vorhanden seyn und der Ueberschufs der Hitze könnte dann genau nur ausreichen, um den Dampf auf seine ursprünglichen geringeren Dichtigkeit des Gasgemenges auszudehnen; statt dessen aber findet eine momentan vorübergehende so enorme Ausdehnung statt, wie sie nur durch eine Temperaturerhöhung um mehrere Tausende von Graden bewirkt werden kann, und verschwindet ebenso schnell wieder, ohne dafs sich ihr Entstehen und ihr Verschwinden aus den gewöhnlichen Gesetzen ableiten läfst. Bei diesen Explosionen fällt auch das Argument weg, welches in vielen Fällen gemacht wird, nämlich dafs die sogenannte Expansionswärme, welche durch die Gasarten ihre bedeutende Ausdehnung erhalten, bei ihrer Verdichtung zum Vorschein komme, denn bei den Explosionen, z. B. des Schiefspulvers, der Knallsalze u. s. w., findet vielmehr eine bedeutende Expansion statt und ist zugleich von einer unermefslichen Wärmeentbindung begleitet.

179) Nach der oben aufgestellten, für alle Wärmephäno-

Digitized by Google

mene als zureichend angegebenen Hypothese müssen auch diese Resultate erklären lassen. Wenn wir annel dafs die Atome der Körper durch den Conflict zweier K der Anziehung und Abstofsung, im stabilen Gleichgewicht halten werden, und wenn wir zugleich die Wärme für repulsive Kraft selbst oder ihren Träger halten, so mufs wendig dieses Gleichgewicht durch jede chemische Wi gestört werden und somit zugleich ein verändertes Verh der Thätigkeiten beider Kräfte statt finden. Denken wi also, um in einem gegebenen Falle einen besseren Anhal zu haben, die Molecüle der beiden Gasarten im Gemen Knallgases einzeln bestehend als Kügelchen des Sauc und Wasserstoffradicals mit Wärmesphären so umgeben der Attractionskraft ungeachtet durch überwiegende Stär Abstofsungskraft (Wärme) Repulsion statt findet; es dann ferner durch mechanischen Druck oder Glühhitze d tractionskraft zwischen den Atomen des Sauerstoffs und serstoffs ein solches Uebergewicht, dafs diese mit ei eine neue Verbindung eingehen, so mufs nothwendig du überwiegende Thätigkeit der Attraction dieser Atome einander ihre Attraction gegen die umgebenden Wärmes geschwächt, vielleicht gar = 0 werden und dieser Mom dann derjenige, in welchem die frei gewordene Wär neu gebildeten Molecüle gewaltsam aus einander treibt. nem gleichfalls verschwindend kleinen Zeitmomente tri die Attractionskraft der neuen Molecüle gegen die frei dene Wärme wieder in Thätigkeit, die Wärme wird al gebunden, und zwar im Verhältnifs der specifischen Capa der ursprünglichen und des neu entstandenen Körpers, e das stabile Gleichgewicht wieder hergestellt, und es kann gut ein Ueberschufs als ein Mangel an Wärme erfolgen, dann zugleich zu berücksichtigen ist, dafs die an die Um gen übergegangene Wärme von diesen nicht so schnell hergegeben wird. Eine absolute Verminderung der W entsteht höchst wahrscheinlich bei der Verpuffung des gases, weswegen die erzeugten Wasserdämpfe nicht theoretisch vorauszusetzenden Expansion vorhanden sind dern nach einer weit stärkeren Expansion gleichsam versc den der atmosphärischen Luft den Eintritt in den leeren gestatten. Es liefsen sich diese, auf alle Verbrennungsp

Digitized by Google

anwendbaren Sätze beim Knallgase durch allerdings schwierige, aber dennoch gewifs nicht unmögliche Versuche sogar auf experimentalem Wege prüfen.

180) Zwei bei diesen Betrachtungen sich nothwendig aufdringende Fragen lassen sich ohne Schwierigkeit so beantworten, dafs man aus ihnen nicht wohl Argumente gegen die aufgestellten Sätze hernehmen kann. Zuerst begreift man zwar sofort, dafs eine Entzündung des Knallgases durch Compression eingeleitet werde, sofern die Molecüle der Gase dadurch einander näher kommen und ihre Anziehung das Uebergewicht erhält; dagegen aber könnte man fragen, wie diese Wirkung auch durch Wärme möglich werde, die im Gegentheil die Molecüle weiter von einander zu entfernen diene. Die Antwort liegt sehr nahe bei der Sache. Allerdings wird die Repulsion der Molecüle durch Wärme vermehrt, allein ihre chemische Anziehung wird dadurch zugleich in einem so überwiegenden Grade gesteigert, dafs sie mit gänzlicher Ueberwindung der vermehrten Repulsion sich dennoch mit einander verbinden. Hiermit stimmt die Erfahrung vollkommen überein, da geringe Hitze dehnt das Knallgas aus, stark gesteigerte bringt die Vereinigung zu Wasser ein (§. 148), eigentliche Glühhitze bewirkt eine momentane Verbindung. Wie stark die Wärme in dieser Beziehung wirke, zeigt unter andern der Umstand, welcher genügend erhitzt im Sauerstoffgas weiter brennt, das weifsglühende Eisen, welches im Luftstrome verbrennt und sogar dem Kali seinen Sauerstoff entreifst, anderer hierher gehöriger Beispiele nicht zu gedenken. Die Beantwortung einer zweiten Frage, welche Prechtl[1] keineswegs übersehen hat, nämlich wie es zugehe, dafs bei chemischen Verbindungen unter Ausscheidung von Wärme Vergröfserung des Volumens eintrete, da doch die Trennung bestehender Verbindungen und die Bildung neuer eine in letzteren vorhandene stärkere Anziehungskraft voraussetze, ist gleichfalls nicht schwierig. Zuerst findet diese Argumentation auf verschiedene chemische Verbindungen, namentlich das Verbrennen des Knallgases, des Kohlenstoffdampfes im Sauerstoffgas u. s. w. keine Anwendung, weil dabei keine bestehenden Verbindungen getrennt werden; allein wenn Letzteres auch statt findet, so müssen allerdings die Mo-

[1] A. a. a. O.

lecüle in der neuen Verbindung einander näher seyn, weil
Attractionskraft (die chemische Verwandtschaft als mechani
wirkend gedacht) zwischen ihnen gröfser ist; jedoch folgt hi
aus keineswegs, dafs die neu gebildeten Partikelchen, die V
bindungen der einfachen Molecüle zu zusammengesetzten, e
ander näher liegen müssen, und daher kann allerdings der
der neuen Verbindung hervorgegangene Körper ein gröfs
Volumen erhalten. Im Allgemeinen ist übrigens Letzteres
theoretischen Argumentation allerdings zuwider, und wirkl
findet es auch bei den einfachsten Verbindungen nicht s
indem z. B. die Dichtigkeit des Wasserdampfes gröfser ist,
die mittlere der constituirenden Gasarten, und die Dichtig
der Kohlensäure gröfser, als die des Sauerstoffgases, an
Beispiele nicht zu erwähnen,

4) Wärmeerzeugung durch den Lebensproceſs Vegetabilien und Animalien.

181) Die Processe des Lebens und Wachsens, so wie
Veränderungen der Vegetabilien und Animalien, gehören ih
Wesen nach zu den chemischen, obgleich sie durch eine eig
thümliche Kraft, die wir *Lebenskraft* nennen, ohne sie gen
zu bestimmen, bedingt sind; denn im Ganzen kommen sie
Verbindungen und Trennungen einfacher und zusammenges
ter Körperelemente oder Partikelchen zurück, und sofern
mische Processe so häufig, wenn nicht vielmehr allgemein,
Erzeugung von Wärme verbunden sind, bieten sich Gri
dar, auch bei diesen chemischen Actionen im Allgemeinen Wär
erzeugung zu vermuthen, wenn gleich andere bedingende U
stände die erzeugte Wärme wieder binden und daher ihr m
bares Hervorkommen aufheben können. Hinsichtlich der Th
stimmt diese Theorie mit der Erfahrung vollkommen überei
in einem wahrhaft überraschenden Grade, sofern man die
malische Wärmeerzeugung einen Verbrennungsproceſs nen
könnte, weil Sauerstoffgas absorbirt wird, nicht zu gedenk
dafs die erzeugte Wärmemenge der Quantität des gebunde
Sauerstoffgases und der Leichtigkeit seiner Aufnahme im G
zen proportional ist; bei den Vegetabilien gab die Erfahr
sehr abweichende Resultate, was aus theoretischen Grün
schon zu ahnen war, weil im unverkennbaren Gegensatze

Digitized by Google

animalische Lebensprocefs Bindung des Sauerstoffgases fordert, während im Gegentheil die Pflanzen dieses Gas aushauchen.

182) a) Den *Vegetabilien* legten schon ARISTOTELES[1], THEOPHRAST[2], CICERO[3] und PLINIUS[4] eine eigenthümliche innere Wärme bei, BACO[5] dagegen sprach sie ihnen ab. Ueber die vorausgehende Hauptfrage, ob die Vegetabilien, gleich den unorganischen Körpern, stets die Temperatur ihrer Umgebung annehmen, kann nicht wohl ein Streit obwalten. Täglichen Erfahrungen nach findet man saftreiche und kühle Pflanzen an heifsen Planken und Mauern, woraus jedoch nicht folgt, dafs sie die Wärme durch ihren Organismus binden, weil sie erstlich stark ausdünsten und hierdurch viel Wärme verlieren, zweitens weil ihre feinen Wurzelfasern beträchtlich tief in den feuchten, kühlen Boden gesenkt sind, aus welchem sie den kühleren Saft um so viel begieriger aufnehmen, je stärker ihre Verdunstung ist. Ebenso bekannt ist die Erfahrung, dafs die Säfte in lebenden Pflanzen weniger leicht gefrieren, als Wasser, als lebende Pflanzentheile der Kälte länger und sicherer widerstehn, als abgeschnittene; auch sieht man sie oft ungefroren in gefrorener Erde stehen. Hierauf läfst sich aber erwidern, dafs der Gefrierpunct der Pflanzensäfte noch nicht genau bestimmt worden ist, wahrscheinlich aber etwa einen Grad oder darunter sogar einige Grade tiefer liegt, als der des Wassers, vorzüglich weil sie sich nach einem weisen Naturgesetze im Herbste zu verdicken pflegen[6]. Aufserdem aber läfst sich dieses von dem Aufsteigen des wärmeren Saftes herleiten, welches im Winter nicht aufhört, da einzelne in ein Treibhaus gezogene Pflanzentheile, ungeachtet der Erstarrung der äufsern, zu grünen anfahren.

183) Aufser diesen allgemeinen Erfahrungen haben mehrere Physiker die Frage über eine eigenthümliche Wärmeerzeugung der Pflanzen durch umfassende Versuche zu beantworten

---

1 In dem ihm zugeschriebenen Werke de plantis. L. I. cap. 2.
2 Opera ed. J. G. SCHNEIDER SAXO. T. II. L. V. c. 13.
3 De nat. Deor. L. II. c. 9.
4 Hist. Nat. L. XVI. c. 76.
5 Nov. Organon. aph. 12.
6 Vergl. STRÖMER in Schwed. Abhandl. 1739 u. 40. S. 116. SENEBIER Physiol. végét. T. III. p. 316. Journ. de Phys. T. XL. p. 173.

Digitized by Google

gesucht. Nach den früheren Untersuchungen von J. Hunter[1] und J. D. Schöpf[2], die für eine eigenthümliche Wärme d Vegetabilien sprachen, schienen die weitumfassenden von Hermstädt[3] im Garten zu Harpke bei Helmstädt angestellten, wie die von Salomé[4] und Slevogt[5] die Sache aufser Zwei zu setzen. Die in die Bäume eingesenkten Thermometer blie ben nach fortgesetzten, übereinstimmenden Beobachtungen der Hitze stets hinter der äufseren Temperatur zurück u übertrafen dieselbe im Winter bei der Kälte, woraus man Sicherheit auf eine Bindung und Entbindung der Wärme schl fsen wollte[6]. Diese Ansicht suchte Nau[7] durch Entkräft der Gründe, so wie durch eine grofse Reihe neuer Versu zu widerlegen, indem er die Abweichungen der Tempera der Vegetabilien von der der Umgebung als eine Folge stets aufsteigenden Saftes betrachtete, welcher im Winter der wärmeren Erde aufsteigend die Temperatur auf glei Weise zu erhöhen, als im Sommer aus dem kälteren Bo kommend sie zu vermindern vermöge. Für diese letztere A sicht erklärte sich unter Andern auch Treviranus[8], statt d Rudolphi[9] geneigt ist, den Pflanzen eine eigene Wärmep ductionskraft beizulegen. Um den unbestimmbaren Einf der Erdwärme auszuschliefsen, brachte Fontana[10] in ei ausnehmend zahlreichen Reihe von Versuchen die in Töp befindlichen Pflanzen in einen Keller, und fand vermittels nes feinen Thermometers ihre Temperatur der äufseren v kommen gleich. Hierbei mufs jedoch wohl berücksichtigt w den, dafs die Pflanzen sich dabei in einem ihrer Natur m angemessenen Zustande befanden, woraus eine Beschränk

1 Philos. Trans. 1778. P. I. p. 7. Journ. de Phys. T. IX. p. 2

2 Der Naturforscher. St. XXIII. S. 1.

3 Magazin d. Ges. naturf. Freunde. Jahrg. II. S. 316. Ann. Chim. T. XL. p. 113.

4 De la Metherie Considérations sur les êtres organisés. T. p. 296. Hermbstädt's Archiv der Agriculturchemie. Th. II. S. 154.

5 Hermbstädt's Bulletin. Th. III. S. 46.

6 Ann. de Chim. T. XL. p. 113. Journ. de Phys. T. LXX. p.

7 Schriften der Wetterauer Gesellschaft. Th. I. Abth. I. S. Journ. de Phys. T. LXXII. p. 193.

8 Biologie. Th. V. S. 14.

9 Physiologie. Th. I. S. 168.

10 Harles u. Ritter Neues Jahrb. der ausländ. med. chir. Lit. V. St. 2. Aus Efemeridi chemico-mediche. 1805.

Digitized by Google

ihrer natürlichen Lebensfunctionen erwachsen konnte. Inzwischen wurde dieser Frage nochmals eine sehr ausführliche Untersuchung durch Franz von Paula Schrank[1] zu Theil, welcher die Gründe für und wider prüfte, zugleich aber eine Menge eigener Beobachtungen, insbesondere über Pflanzen, zusammenstellte, die sich unter dem Schnee ungefroren erhalten und nicht selten, wie namentlich die Brunnenkresse, durch Erwärmung kleine Gewölbe um sich her bilden, oder im Wasser stehend beim Gefrieren desselben den sie umgebenden Theil flüssig erhalten. In Gemäfsheit dessen entschied er dafür, dafs allerdings in den Pflanzen eine eigene Wärmequelle zu finden sey.

184) Bei dieser Lage der Sachen war es verdienstlich, dafs Schübler[2] die Widersprüche in den bis dahin erhaltenen Resultaten durch abermalige genaue Versuche zu beseitigen suchte, wozu ihn insbesondere der Umstand vermochte, dafs nach früheren, an einem Kastanienbaume zu Genf gemachten Beobachtungen die mittlere Temperatur desselben, wie ein in ihn eingesenktes Thermometer sie gegeben hatte, für ein ganzes Jahr sogar etwas geringer war, als die der umgebenden Luft[3]. In die Bäume, sowohl der Nadelhölzer als auch der Laubhölzer, wurden an der Nordseite Thermometer bis in das Centrum eingesenkt, zu verschiedenen Tagszeiten beobachtet und mit correspondirenden, in freier Luft hängenden verglichen. Daraus ergab sich, dafs die Bäume in allen Jahreszeiten bei Sonnenaufgang eine höhere Wärme zeigen, als ihre Umgebung[4], um Mittag aber findet das Gegentheil statt; überhaupt aber zeigen die Bäume nicht auf gleiche Weise, als die Luft, die täglichen Schwankungen, und zwar um so weniger, je tiefer oder je näher den Wurzeln die Thermometer eingesenkt sind, und je schneller und stärker die täglichen Wechsel erfolgen; im Ganzen fallen die Temperaturen beider zweimal täg-

1 Münchener Denkschriften. Th. II. Jahr 1809 u. 10. Vergl. Gött. Anz. 1813. St. 123.

2 Beobachtungen über d. Temperatur der Vegetabilien u. s. w. von F. G. Schübler u. F. A. Haller. Tüb. 1826. Auch in Poggendorff's Ann. X. 581.

3 Aus Bibl. Brit. T. I. in Schweigger's Journ. Th. II. S. 189. Landwirthschaftl. Blätter von Hofwyl, Aarau 1817, Ht. V. S. 5.

4 Dieses ist ohne Zweifel eine Folge davon, dafs dann gerade die Temperatur der Luft sinkt.

Digitized by Google

lich zusammen und sind einander im ganzen Jahre gleich, b
auf einen unbedeutenden, 0°,1 bis 0°,4 C. betragenden Unte
schied, welcher, wie es scheint, als Folge von Beobachtungsfehle
oder von Zufälligkeiten zu betrachten ist. Hieraus ergiebt sich al
evident, dafs den Vegetabilien eine eigenthümliche Kraft
Erzeugung und Bindung der Wärme abzusprechen
die Abweichung ihrer Temperatur von der sie umgebenden
diglich durch die schlechtere Leitung, das Aufsteigen des S
tes und die Ausdünstung abzuleiten sey. Eben dieses Resul
geht aus einer abermaligen Reihe von Versuchen hervor[1], w
che entscheiden sollten, ob die Säfte der Pflanzen der K
Widerstand leisten und ihre Wärme daher längere Zeit, ob
zu gefrieren, beibehalten. Es ergab sich daraus, dafs die Bäume s
langsam erkalten, wenn die Temperatur unter den Gefrierpunct h
abgeht, ohne Zweifel weil die gefrierenden Säfte Wärme entwickel
allein das umgekehrte Verhalten findet statt, wenn die Wär
wieder steigt, und es ist daher klar, dafs neben andern bekannt
Gesetzen hierbei blofs die Wärmeleitung sich wirksam zei
Hieraus und aus der starken Verdunstung wird dann auch
klärlich, dafs die Temperatur der Bäume im Sommer meist
etwas niedriger ist, als die der äufseren Luft. Auffallend
der Umstand, dafs die Bäume im Frühling, namentlich im M
etwas wärmer, als ihre Umgebung waren, was man zwar
der höheren Temperatur des aus tieferen Erdschichten in ih
aufsteigenden Saftes abzuleiten geneigt ist, allein hierge
streitet die wirklich dann noch statt findende gröfsere K
des Bodens, wie sie aus den Messungen mit Thermomet
evident hervorgeht[2]. Diese durch die genannten Genfer Be
achtungen gleichfalls bestätigte Thatsache ist daher nicht w
anders, als aus einer eigenthümlichen, durch die höhere L
bensthätigkeit beim Aufsteigen der Säfte herbeigeführten W
meproduction abzuleiten. Ob man daher berechtigt ist,
Göppert[3], welcher dieses Problem so umsichtig geprüft
zugleich viele belehrende Versuche über das Gefrieren
Pflanzensäfte angestellt hat, den lebenden Pflanzen jede Art

---

1 W. Neuffer Inauguraldissert. Unter dem Präs. von Schübl
Tüb. 1829.

2 S. Art. *Temperatur*. Bd. IX. 307.

3 Ueber die Wärmeentwickelung in Pflanzen u. s. w. Bresl. 18
3. S. 138 ff.

Digitized by Google

genthümlicher Wärmeerzeugung abzusprechen, bleibt noch immer fraglich, und die neuesten Versuche berechtigen vielmehr, ihnen eine solche beizulegen. Inzwischen läfst sich mit Gewifsheit annehmen, dafs die in den erwähnten zahlreichen Versuchen gefundenen Abweichungen ihrer Temperaturen von der ihrer Umgebungen im Ganzen als eine Folge ihres schlechteren Leitungsvermögens, der Verdunstung und des in ihnen aufsteigenden Saftes zu betrachten sind.

Ganz neuerdings hat DUTROCHET[1] mit Anwendung eines thermoelektrischen Thermometers Versuche angestellt, wonach die Pflanzen allerdings Wärme entwickeln, die ihnen aber zu einem so grofsen Theile durch Verdunstung entzogen wird, dafs sie dadurch unter ihre Umgebung herabgehn. Hebt man den letzteren Einflufs auf, so zeigt sich eine Wärmeerzeugung von 0°,25 bis 1° C. und wohl noch mehr, wonach sie also in dieser Beziehung selbst die sogenannten kaltblütigen Thiere übertreffen, z. B. den grünen Frosch (*rana esculenta*), den Flufskrebs (*astucus fluviatilis*) und die rothe Schnecke (*limax rufus*). Die Wärmeerzeugung findet in den grünen Theilen der Pflanzen statt, ist allen Vegetabilien eigen, und zugleich veränderlich, indem sie von Morgens 10 Uhr bis Mittags 3 Uhr in den verschiedenen Pflanzen ihr Maximum erreicht und dann wieder sinkt. Auch die Dunkelheit unterbricht diesen Procefs nicht, schwächt ihn aber allmälig, bis er in einigen Tagen ganz aufhört. VAN BECK[2] wiederholte diese Versuche mit einem gleichen Apparate und erhielt im Ganzen eine Bestätigung der gefundenen Resultate. Beide wählten aber nicht Bäume, sondern Pflanzen, Ersterer *sempervivum tectorum*, *euphorbia lathyris*, *vicia faba* u. a., Letzterer *sempervivum tectulatum*, *sedum cotyledon* u. s. w.

Wenn man überlegt, wie gering die Wärmeerzeugung in den Pflanzen ist, und wie ausnehmend vielfache Umstände sie bedingen, so darf man sich nicht wundern, dafs der Streit über dieses Problem so lange dauerte und so verschiedene Resultate zum Vorschein brachte. DUTROCHET bezweifelt daher auch,

---

1 L'Institut, 7me Ann. N. 308. Edinburgh New Phil. Journ. N. LV. p. 103.

2 Comptes rend. 1840. N. I. Jan. 6 u. 13. Edinburgh New Phil. Journ. N. XLVI. p. 331.

Digitized by Google

dafs die von Becquerel und Mirbel an einem Bauma wahrgenommene Temperaturerhöhung von 3° C. eine du den Lebensprocefs erzeugte gewesen sey; auch konnte er irgend eine Wärmeproduction in den holzigen Pflanzenthei wahrnehmen.

185) Wenn schon die Frage über eine eigenthümli Wärme der Vegetabilien so widersprechend beantwortet wu so ist dieses noch mehr der Fall bei einer andern, nahe v wandten, über aufsergewöhnliche Wärmeproduction der Blüt einiger Pflanzen in der kurzen Periode ihres Aufblühens o der Befruchtung, indem hierbei kaum zu bezweifelnde ent gengesetzte Angaben einander so grell entgegenstehn, dafs daraus entspringende Ungewifsheit auf eine unangenehme W afficirt[1]. Einer der Ersten, welcher diese spontane Wärmee wickelung an den Kolben des *arum italicum* gewahrte, o jedoch den Grad der Wärme thermometrisch zu bestimmen, Lamark[2]. Diese Beobachtung wurde bestätigt und näher stimmt durch Sennebier[3], welcher in die aufblühenden Kol der Arum-Arten die Kugel eines feinen Thermometers sen Die Wärme stieg von 3 Uhr Nachmittags an, erhob sich a die der äufseren Luft und erreichte zwischen 6 bis 8 Uhr Maximum von 8°,75. Wenig Gewicht kann die Bemerku von Desfontaines[4] haben, dafs man diese Wärme sc durch das Gefühl wahrnehmen könne, und wenn C. C. Gm lin und Schweykert[5] versichern, die erwähnte Erscheinu am *arum italicum* 18 Jahre beobachtet zu haben, Schult aber eigene 10jährige Beobachtungen am *arum maculatum* wähnt, so mufs man bedauern, dafs der Mangel thermomet scher Bestimmungen diese Angaben zweifelhaft macht. I gewichtigste Zeugnifs für eine sehr mefsbare Wärmeentwick

---

1 Eine sehr vollständige Zusammenstellung der früheren Be achtungen findet man in Göppert über die Wärmeentwickelung u. s. S. 178.

2 Encyclop. method. T. III. p. 9. Grundlehren der Anatomie u Physiologie der Pflanzen. Gött. 1807. S. 229.

3 Physiologie végétale. T. III. p. 313.

4 Flora atlantica. T. II. p. 328.

5 Flora badensis. T. III. p. 585. Nach Göppert's Wärmeen wickelung. S. 179.

6 J. C. Smith Anleitung zum Studium der Botanik. S. 71. Eben

Digitized by Google

ung der Blüthenkolben einer auf der Insel Bourbon sehr häufig rkommenden Arum-Species ist das von HUBERT, welches BORY DE ST. VINCENT[1] bekannt gemacht hat. Hierin ist die Erscheinung mit allen Nebenbedingungen so einfach und durch- s glaubwürdig beschrieben, dafs man keiner Beobachtung fer- r Glauben schenken dürfte, wenn man diese in Zweifel zie- n wollte. Inzwischen mufste es auffallen, dafs TH. DE USSURE[2], der Erzählung von SENNEBIER zuwider, am *arum* alicum keine Erhöhung der Temperatur wahrzunehmen ver- chte, welches er jedoch davon ableitet, dafs diese Pflanze zu auf keine reifen Früchte bringt; doch beobachtete er die- bei 4 Exemplaren des *arum maculatum*, und setzte die ache in eine stärkere Bindung des Sauerstoffgases während ser Periode, weil die Blüthen gleichzeitig vieles Wasser sdünsten. Um auch geringere Wärmegrade messen zu kön- , bediente sich derselbe eines feinen *Lufthermometers*, ei- Glaskugel an einer langen engen Röhre, in welcher letzte- ein kleiner Wassercylinder durch die Ausdehnung der Luft egt wird. Vermittelst dieses Mikrocalorimeters gewahrte er e höhere Temperatur an der Blüthe des Kürbis, der *bignonia* diens und der Tuberose. Nicht minder beobachtete auch H. SCHULTZ[3] bei einem im botanischen Garten zu Berlin ndlichen kräftigen Exemplare von *Caladium pinnatifidum*, die Temperatur der Blüthe die der Luft um 4° bis 5° rmf.

186) Alle diese Thatsachen kannte GÖPPERT, wie nicht eder die mehrere Jahre fortgesetzten Beobachtungen, welche C. TREVIRANUS[4] an den verschiedensten Arum-Arten ge- cht hatte, die aber alle ein negatives Resultat gaben, indem e eine Erhöhung der Temperatur wahrnehmen konnte. PERT entschlofs sich daher gleichfalls zu einer Reihe von uchen, wobei er ein noch empfindlicheres Mikrocalorimeter wandte, als welches DE SAUSSURE gebraucht hatte; allein es

---

1 Voyage dans les quatre principales îles d'Afrique. 3 T. 8. Par. 0. T. II. p. 68. Daraus in Journ. de Phys. T. LIX. 280.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. XXI. p. 279.

3 Die Natur der lebendigen Pflanze. 2 Th. 1828. S. 185. Nach PERT a. a. O. Edinburgh New Phil. Journ. N. XXXI. p. 88.

4 Zeitschrift für Physiologie u. s. w. von F. Tiedemann u. s. w. nst. 1829. Th. III. S. 257.

Digitized by Google

gelang ihm nicht, bei den verschiedenen Arum-Arten, so bei 87 andern Pflanzen irgend eine Wärmeentwickelung finden. Hiernach bezweifelte also auch dieser Gelehrte spontane Wärmeproduction der Pflanzen, als Folge ihres bensprocesses, selbst wenn dieser zur Zeit des Aufblühens meisten gesteigert ist. Bleibt dieses immerhin noch zwei haft, so ist dagegen die Bemerkung völlig gegründet, dafs m che Beobachter, namentlich auch Bernhardi[1], durch das fühl getäuscht wurden, wonach die Staubbeutel wegen bes Wärmeleitung vor dem Aufplatzen kälter zu seyn schei als nachher. Inzwischen sind noch einige spätere Beobach gen erhöheter Wärme der Blüthen bekannt geworden, z von G. Vrolik und W. H. de Vriese[2], welche dieses dem Spadix einer *colocasia odora* im April 1835 wahrnah Göppert[3] selbst aber beobachtete später bei *arum dracun* eine bis 8°,75 C. steigende höhere Wärme, als die der Un bung; sie trat in der 17. Stunde nach der Entwickelung Blume ein, dauerte 32 bis 36 Stunden und hatte ihren Ha sitz in den Staubgefäfsen. Ebenso mafsen van Beck Bergsma[4] mittelst eines thermomagnetischen Apparates Wärme im Spadix der *colocasia odora*[5] = 43° C., wäh die der Umgebung nur 21° C. betrug. Das Nämliche beob tete Brongniart, Dutrochet aber bediente sich zu s Versuchen gleichfalls eines thermoelektrischen Apparates, fand mit demselben, dafs der Spadix von *arum macula* eine Wärmezunahme zeigt, welche ungefähr zwei Tage seinem Oeffnen anfängt, fortwährend zunimmt und im Au blicke des Oeffnens ihr Maximum von 11° bis 12° C. übe der Umgebung erreicht. Hierbei erhält sie sich ungefähr Stunden, nimmt dann ab und verschwindet nach etwa Stunden gänzlich[6]. Uebrigens entwickeln sowohl die mä chen, als auch die weiblichen Blüthentheile dieser Pfl

---

1 Römer's Archiv d. Botanik. Th. III. S. 446.

2 Tijdschrift voor Naturlijke Geschiedenis en Physiologie. A 1835. T. II. p. 396.

3 Froriep Notizen. Th. XLIX. S. 136.

4 L'Institut. 1839. N. 275. p. 111.

5 Diese Pflanze hiefs früher *arum cordifolium*, an welcher de St. Vincent seine erwähnten Beobachtungen machte. S. ebend.

6 L'Institut. 1839. N. 280. p. 151.

Digitized by Google

Wärme, welche am Tage gröfser ist, als während der Nacht, in der ersten Nacht hält sie jedoch, wenn auch im geschwächten Grade, an und verschwindet in der zweiten gänzlich[1].

Hiernach müssen wir also den Pflanzen im Allgemeinen eine durch ihr vegetabilisches Leben bedingte Kraft der Wärmeerzeugung beilegen und eine höhere durch den gesteigerten Lebensprocefs während ihres Blühens hervorgerufene. Da wir das eigentliche Wesen des Lebens nicht kennen, so läfst sich nicht wohl mit Sicherheit entscheiden, ob dieses an sich und unmittelbar die Ursache dieses Vermögens der Wärmeerzeugung sey, oder ob diese durch die chemische Assimilation der Säfte zu neuen Bildungen hervorgerufen werde; für die stärkere Erwärmung während des Blühens gilt das Nämliche, es sey denn, dafs hierbei nach den erwähnten Versuchen von DE SAUSSURE eine bedeutende Aufnahme des Sauerstoffgases statt finde, um mit dem ausgehauchten Wasserstoff der Blumen Wasser zu bilden, und dafs in diesem langsamen Verbrennungsprocesse die Ursache der so bedeutenden Wärmeproduction zu suchen sey. In jeden Fall dürfen wir diese Wärmequelle mit der durch Fermentismus in Parallele setzen.

187) b) Alle *lebende Thiere* besitzen das Vermögen der Wärmeerzeugung und die Kraft, einer bedeutenden äufseren höheren oder niedrigern Temperatur zu widerstehen, allein in einem so ungleichen Grade, dafs man diese Fähigkeit bei einigen Thieren ebenso lange, als bei den Vegetabilien in Zweifel gezogen hat. DUTROCHET[2] hat das Ganze auf eine interessante Weise unter einen allgemeinen Gesichtspunct zurückgebracht. Die eigenthümliche Wärme ist am gröfsten bei Thieren, welche elastische Luft athmen, mit Ausnahme der Gasteropoden, deren Lungen sehr klein sind. Bei Thieren, welche durch Kiemen die im Wasser enthaltene Luft athmen, so wie bei den Mollusken, ist die Wärme sehr gering, und steht selbst der bei den Pflanzen wahrgenommenen nach, deren Ursache er in einer Art Zersetzung des aus ihren grünen Theilen entweichenden Sauerstoffgases findet, was wohl sehr bestritten werden könnte; richtiger aber setzt er ihr Wärmeproductionsvermögen im gestei-

1 L'Institut. 1839. N. 281. p. 158.

2 L'Institut. 8me Ann. N. 324. p. 93. Edinburgh New Phil. Journ. N. LVI. p. 152.

gerten Zustande unmittelbar nach dem der warmblütigen Thi
denn die *euphorbia lathyris* erzeugte zehnmal so viele Wär
als ein Frosch, und die Arum-Arten noch mehr. Nach ei
allerdings höchst merkwürdigen Naturgesetze ist übrigens
Thieren und Pflanzen die durch ihren Lebensprocefs erze
Wärme entweder unmerklich, oder so, dafs sie sich nament
bei den warmblütigen Thieren dem Grade nähert, wobei
Leben aufhören mufs, welchen Punct man bei 50° C. ann
men kann, dem sich die Vögel mit 44° nähern[1]. Nach ei
andern höchst merkwürdigen Gesetze entnehmen die Th
von geringer Wärmeproduction Wärme aus ihrer Umgeb
Thiere von hoher Wärmeproduction dagegen geben an dies
ab; letztere können nicht leben in Temperaturen, welche
ihrige übertreffen, und erstere nicht in solchen, welche nie
ger sind, als die ihrige, wohl aber in viel höheren, z. B.
sche in 40° C., doch schwerlich in solchen, welche d
übersteigen[2].

Ohne es bei dieser Aufgabe gerade auf Vollständigkeit abz
hen, welche in das Gebiet der Physiologie gehört, scheint es
angemessen, einige hierher gehörige nähere Bestimmungen
zubringen, wobei dasjenige, was zur Wärmeproduction der M
schen gehört, vom vorzüglichsten Interesse seyn dürfte.

188) α) Bei den niederen Thierclassen ist im Allge
nen die Wärmeproduction so gering, dafs es schwer fällt,
überhaupt nur wahrzunehmen. Die Temperatur der *Wü*
weicht in der Regel nur wenig von der sehr ungleichen der
dien ab, worin sie leben; manche erstarren bei geringer
mehrung der Kälte, andere, in höheren Temperaturen leb
sollen nach Hunter[3] und Rudolphi[4] etwas weniger w
seyn, als die Medien, worin sie sich befinden. Auf Ce
z. B. fand John Davy[5] die Temperatur der Blutegel g

1 Diese Angabe dürfte wohl zu hoch seyn, wie sich aus
nachfolgenden Messungen ergeben wird.

2 L'Institut. 8me Ann. N. 324. p. 93. Die Angaben noch h
rer Temperaturen, worin Fische leben sollen, zieht Dutrochet in Z
fel. Dieses dürfte auch auf die Angabe anwendbar seyn, dafs Fi
namentlich Goldfische, im Wasser von 75° C. Wärme leben so
S. Froriep Not. Th. XXXVI. S. 57.

3 Philosophical Trans. 1775. 1776.

4 Physiologie. Th. I. S. 171.

5 Edinburgh Philos. Journ. N. XXVII. 44.

Digitized by Google

den Medien gleich, worin sie sich befanden. Die Schnecken ziehen sich bei zunehmender äufserer Kälte in die Erde zurück, und erscheinen selbst bei nur mäfsiger äufserer Wärme dem Gefühle kalt[1]. John Davy mafs die Temperatur grofser Schnecken auf Ceylon und fand sie = 24°,45 C., etwas weniger geringer, als die Luft der Schachtel, worin sie sich befanden; die der gemeinen Austern war genau die des Meeres und eben dieses fand sowohl beim Krebse als auch bei den Krabben statt. Nach den Untersuchungen von Dutrochet[2] erscheinen alle diese Thiere leicht kälter als ihre Umgebung, weil sie in der Regel feucht sind und ihre Temperatur daher durch Verdunstung herabgeht, weswegen man sie bei anzustellenden Versuchen in Luft bringen mufs, die mit Wasserdampf gesättigt ist; allein selbst dann konnte weder er selbst, nach Hartold irgend eine Wärmeerzeugung bei den Mollusken und Anneliden wahrnehmen. Ein sehr geringes Wärmeproductionsvermögen wollen Einige bei den *Crustaceen* und *Testaceen* gefunden haben[3], Dutrochet aber giebt an, dafs alle übrige Beobachter so wenig, als er selbst, bei den Crustaceen irgend eine Eigenwärme entdecken konnten. Die *Amphibien* besitzen in einem nicht unbedeutenden Grade das Vermögen, einer äufseren höheren Temperatur zu widerstehen[4], und erzeugen, namentlich die Schildkröten, nach Hunter einige thierische Wärme, wenn sie sich in kälteren Medien befinden, als welche der für sie geeigneten Temperatur angemessen ist. Indessen fand John Davy auch in wärmeren Gegenden die Temperatur der Schildkröten höher, als die ihrer Umgebung, z. B. unter 2° 27′ N. B. jene 28°,89, diese 26°,35 und unter 29′ S. B. jene 31°,3, diese 26°,67 C.; dagegen in der Kapstadt jene nur 16°,9, diese 16°,11 und zu Colombo jene 29°,45, diese 30°, bei einem gröfseren Exemplare aber jene 30°,56, diese 26°,67. Bei den *Reptilien* ist es schon leichter, eine Wärmeproduction wahrzunehmen, auch ist diese ihnen wohl ohne Ausnahme eigenthümlich zugehörend. Dutrochet[5] erwähnt,

1 Spallanzani Mém. sur la respiration. p. 256.
2 L'Institut. 8me Ann. N. 324. p. 93.
3 Poli Testacea utriusque Siciliae eorumque historia. T. I. P. I. cap. 5. 6.
4 De la Roche in Journ. de Phys. T. LXXI. p. 292.
5 A. a. O.

dafs Berthold die Frösche in trockner Luft kälter als Umgebung gefunden habe, was jedoch eine Folge der Ver stung seyn mufs, denn wenn die Luft mit Wasserdampf g tigt ist, zeigten sie ihm etwa 1° C. Wärme über die der U bung; Dutrochet selbst aber fand nicht mehr als 0°,0 0°,05 und bei einer Kröte 0°,12 C., welche geringe C nur mittelst des thermomagnetischen Apparates mefsba Uebereinstimmend hiermit behauptet G. R. Treviranus[1] seinen Versuchen mit Fröschen, die in einem Glase aufbe wurden, keine Eigenwärme derselben wahrgenommen zu h John Davy aber fand zu Kandy die Wärme einer *rana tricosa* nur 25° in Luft von 26°,67, wahrscheinlich als der Verdunstung. Ebenso erhielt Czermak bei der *L agilis* 1°,25 bis 8°,12 C., Dutrochet nur 0°,21, Rudo dagegen fand die innere Wärme der *Lacerta maculata* = 1 bei 12°,5 und die eines *proteus anguinus* = 18°,75 bei 1 äufserer Temperatur. Die Temperatur der *Schlangen* John Davy stets höher, als die der Luft, und zwar nicht unmerklich, z. B. bei einer Species *Coluber* = 31°,32 in von 27°,45 und bei einer Species der braunen Schlange 32°, Luft von 28°,34, bei einem andern kleineren Exemplar nur 29°,1 in Luft von 27°,98 C. Von den *Fischen* beh Braun[3], dafs sie stets genau die Temperatur des Wasse ben, worin sie leben, und eben dieses fand auch Dutro jedoch gesteht Letzterer zu, dafs v. Humboldt und Prove Prevost und Dumas, so wie Berthold einen geringen meüberschufs bei ihnen beobachtet haben. Nach v. Humb und Provenzal[4] beträgt der Ueberschufs ihrer Wärme die des Wassers nicht mehr, als 1° bis 1°,5 C., und Davy[5] giebt an, dafs er diesen geringen Unterschied co bei allen von ihm untersuchten Exemplaren gefunden Bei einigen, namentlich dem Haifische, mufs indefs der U schied gröfser seyn, denn nach Perrins[6] betrug die W

1 Die Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens. men 1831. Th. I. S. 419.

2 Physiologie. Th. I. S. 178.

3 Nov. Comm. Soc. Petrop. T. XIII. p. 419.

4 Mém. de la Soc. d'Arcueil. T. II. p. 598.

5 G. LXVI. 129.

6 G. XIX. 448.

Digitized by Google

des letzteren 27°,75 C., die des Wassers aber nur 24°, jedoch meint G. R. Treviranus[1], dafs die von John Davy am Haifische wahrgenommene höhere Temperatur eine Folge schlechter Leitung gewesen sey; auch leitet dieser selbst sie von anderweitigen Bedingungen des zur Untersuchung dienenden Exemplars ab. Nach den Beobachtungen von King[2] bei der Expedition des Capitain Back betrug am Sklavensee die Wärme der Bauche einer Forelle 2°,22 C. in einer Umgebung von 0°,55 und in einem andern Falle 1°,12 C. bei 0° der Umgebung; ein Weifsfisch zeigte aber 6°,12 bei 2°,78 äufserer Wärme. Auf jeden Fall ist die Eigenwärme der Fische sehr gering, weswegen Cuvier[3] sie geradezu kaltblütig nennt, weil die geringe Menge Sauerstoffgas, die sie aus dem Wasser aufnehmen, ihre Wärme nicht bedeutend steigern kann. Becquerel und Breschet[4] fanden bei ihren sorgfältigen Versuchen die Wärme eines Karpfen (*cyprinus carpio*) nur 13°,5 in Wasser von 13° C.; doch hat man Beispiele, dafs eingefrorene Fische nach vorsichtigem Aufthauen lebendig erhalten wurden, ich selbst aber sah einigemal zufällig Fische, in wenigem, ihrer Natur anpassenden, Wasser, welches völlig in Eis eingeschlossen war, eine Erscheinung, die man nur von ihrer eigenthümlichen Wärmeproduction oder minder wahrscheinlich vom schlechten Leitungsvermögen ableiten kann[5].

Von dieser allgemeinen Regel weicht indefs der *Wallfisch* bedeutend ab, gehört aber auch zu den höheren Thierclassen, indem er durch Lungen athmet. Ungeachtet seines Aufenthalts zwischen dem Eise in den Polarmeeren ist seine Wärme ausnehmend grofs, denn Scoresby[6] mafs bei einem eben getödteten gemeinen Wallfische (*balaena mysticetus*) 38°,77 C., aber die innere Wärme eines vor anderthalb Stunden getödteten Narwals (*monodon monoceros*) fand er 35°,2 C. Minder erwartet war die Beobachtung einer ungewöhnlichen Eigen-

---

1 Die Erscheinungen und Gesetze des organischen Lebens. Th. II. S. 417.

2 Edinburgh New Phil. Journ. N. XLI. p. 150.

3 Histoire naturelle des Poissons. T. I. p. 275.

4 Ann. des Sciences nat. T. III. 1835. Zool. p. 257.

5 Viele Beispiele nebst Angaben der Quellen findet man in Treviranus Biologie. Th. V. S. 25 und Rudolphi Physiologie. Th. I. p. 174.

6 Account of the artic Regions. T. I. p. 477.

Digitized by Google

wärme, welche John Davy[1] bei einigen Species des Thu fisches wahrnahm, wobei immer merkwürdig ist, dafs sch Aristoteles[2] diesen Fischen eine aufsergewöhnliche Wär beilegt. Auf einer Reise nach Ceylon zeigte ein in den dick Muskel eines frisch gefangenen Thunfisches eingesenktes Th mometer 37°,23 C., obgleich die Oberfläche des Meeres wo er gefangen war, nur 26°,9 C. warm war. Bei späte Untersuchungen anderer Species dieser Gattung fand Jo Davy die Sache bestätigt und erfuhr von den Fischern, d ihnen dieses nicht unbekannt sey, indem sie vielmehr die genwärme dieser Fische der bei warmblütigen Thieren gle setzten. Die grofse Eigenwärme des Narwals, so wie Wallfische und Delphine, die durch Lungen athmen, hat ge nichts Auffallendes, vielmehr ist eine starke Wärmeproduct wegen des kalten Mediums, worin sie leben, ihnen nothwen die der Thunfische aber sucht John Davy aus ihrem ausgebildeten Nervensystem zu erklären, worüber zu entsch den aufser meinem Bereiche liegt.

189) Den *Insecten* sprechen manche Physiologen alle W meproduction ab, und glauben, dafs die wenigen etwa beob teten Grade durch Reibung und mechanische Bewegung, z der Flügel, erzeugt würden. Anhänger dieser Meinung unter andern Braun[3], Maraldi[4], Rengger[5] und Treviranus[6]; inzwischen haben Reaumur's[7] gehaltreiche Beobacht gen unlängst dargethan, dafs die von diesen Thieren erze Wärme im Verhältnifs zur Gröfse ihres Körpers und der h nach um so viel stärkeren Ableitung keineswegs unbedeutend was auch aus der nicht geringen Menge des durch sie in G form verzehrten Sauerstoffs sich leicht erklären läfst. auffallendsten gewahrt man eine starke Wärmeproduction

---

1 Edinburgh New philos. Journ. N. XXXVII. p. 192. XXX p. 325.

2 Hist. anim. Lib. VIII. cap. 19.

3 Nov. Comm. Soc. Petrop. T. XIII. p. 419.

4 Mém. de l'Acad. de Par. 1712. p. 423.

5 Physiologische Untersuchungen über d. thierische Haushalt d. Insecten. Tüb. 1817. S. 40.

6 Biologie. Th. V. S. 30. Erscheinungen und Ges. Th. S. 421.

7 Hist. nat. des Insectes. éd. 8. T. V. P. II. p. 360.

Google

den Bienen[1], weil diese in grofsen Mengen vereint sind und daher die sonst statt findende starke Ableitung ihre Wirkung nicht äufsern kann. Mit Recht mufs man daher den Insecten das Vermögen der Wärmeerzeugung durch den Lebensprocefs beilegen[2], auch geben Rengger und Maraldi dieses zu, obgleich sie, wie auch Reaumur, die Ursache minder richtig in der Bewegung finden, ja nach den Versuchen von Treviranus ist dieselbe, obgleich aus dieser Ursache entspringend oder wenigstens dadurch bedingt, selbst an einzelnen Individuen unwahrnehmbar seyn. Dafs übrigens die Ursache nicht in der Bewegung, sondern in der Respiration zu suchen sey, geht aus mehreren Versuchen hervor. J. Hunter[3] mafs bei einer äufseren Temperatur von 12°,25 C. in einem Bienenkorbe 27°,75 und bei 1°,6 äufserer 22°,75, nach Hausmann[4] aber betrug die Wärme der Heuschrecke die äufsere um 3°,75. Nach den schätzbaren Versuchen von M. G. Newport[5] produciren alle Insecten Wärme und die Menge derselben ist durch ihre Nahrung bedingt, indem sie so viel tiefer herabgeht, mehr das Thier hungert. Im Ganzen ist also das Verhalten der Insecten in dieser Beziehung genau so, wie bei warmblütigen Thieren, jedoch geht die erzeugte Wärme um so viel schneller verloren, weil kein Blutumlauf statt findet, da ihr Blut kein wahrhaftes arterielles und venöses ist. Man wird dieser Ansicht um so leichter beitreten, wenn man berücksichtigt, dafs die Thierclassen nach der oben mitgetheilten allgemeinen Bedeutung Sauerstoffgas verzehren und Kohlensäure aushauchen. Ich selbst habe dieses durch Versuche mit gemeinen Stuben-

---

1 C. W. Juch Ideen zu einer Zoochemie. Erf. 1800. Th. I. S.
Hunter in Phil. Trans. T. LXXXII. p. 136. Wenn in der Lüneburger Heide die Bienenkörbe, besserer Nahrung halber, verfahren werden, so geschieht dieses, hauptsächlich wegen Vermeidung zu grofser Wärme, bei Nacht. Dennoch ist es nöthig, am andern Morgen die Körbe zeitig zu öffnen, damit die Bienen nicht verbrennen, wie es sonst tagt; denn wirklich steigt aus dem Drahtgitter im Boden der Körbe eine Hitze auf, die man kaum mit der Hand zu ertragen vermag.

2 Rudolphi Physiologie. Th. I. S. 179.

3 Phil. Trans. 1792. p. 671.

4 De animal. exsang. respiratione. p. 68.

5 L'Institut. 3me Ann. N. 211. p. 356. Philos. Trans. 1836. P. II. p. 569. London and Edinb. Phil. Mag. N. LXVI. p. 189.

Digitized by Google

fliegen oftmals versucht, und man hat hierin ein bequemes M tel, nach Wegnahme der Kohlensäure reines Stickgas zu erh ten; auch stimmen zahlreiche andere Beobachter hiermit über namentlich Reaumur, Bonnet, Scheele, Huber, Edwar Audoin und Andere, wie Newport versichert, welcher n weiter durch zahlreiche Versuche dargethan hat, dafs die Me des verzehrten Sauerstoffgases nach dem Lebensalter, der C stitution und den äufsern Bedingungen verschieden ist. Aufs dem hat derselbe die Functionen der Respirationswerkzeuge den Insecten nachgewiesen und die in gegebenen Zeiten er tenen Quantitäten der durch verschiedene Insecten erzeu Kohlensäure tabellarisch zusammengestellt. Mit dieser Ans stimmen endlich Nobili und Melloni, so wie auch Dutroch überein. Nobili und Melloni[2] bedienten sich bei ihren V suchen der thermoelektrischen Säule, deren beiden Enden genüber sie kleine metallene Hohlspiegel stellten, in d einem die zu prüfenden Insecten durch ein sehr feines Dr netz frei beweglich festgehalten wurden. Alle Insecten zei durch Ablenkung der Magnetnadel freie Entwickelung der W me, einige eine nicht unbedeutende; auch ergab sich bei *Lepidopteren*, dafs die Raupen stets eine höhere Temper besitzen, als die Puppen und Schmetterlinge. Sofern aber Respirationssystem der Raupen weit entwickelter ist, als der Puppen und Schmetterlinge, so läfst sich hieraus folg dafs die Insecten in der ersten Periode ihres Lebens, wo viel fressen und rasch wachsen, eine gröfsere Menge Sau stoff in Kohlensäure verwandeln, als in ihren späteren Lebe perioden, und dafs also die Wärme auch dieser Thierarten auf wisse Weise mit der Menge des verzehrten Sauerstoffgases zunim Hierdurch zeigen sie eine unverkennbare Aehnlichkeit mit warmblütigen Thieren; endlich aber wird aus John Davy's Ver chen sogar wahrscheinlich, dafs sie eine gewisse Normalte peratur in höherer äufserer Wärme beibehalten. Er f nämlich

---

1 L'Institut, 8me Ann. N. 324. p. 98.

2 Aus Ann. de Chim. et Phys. T. XLVIII. p. 198 in Poggendo Ann. XXVII. 446.

Digitized by Google

Species	Temperatur Thier	Luft	Species	Temperatur Thier	Luft
Scarab. pilul.	25°,00	24°,45	Apis ichneum . . .	24°,45	23°,89
Blatta orient.	23,89	28,33	Scorpio afer	25,25	26,11
		23,34	Julus	25,75	26,67
Gryllus haemat.	22,43	16,66	Glühwurm	23,34	22,78

190) β) Dafs die höheren, durch Lungen athmenden Thierclassen ein Wärmeproductionsvermögen besitzen, unterliegt keinem Zweifel, denn ihre Eigenwärme ist mit seltenen vorübergehendern Ausnahmen gröfser, als die ihrer Umgebung; die genaue Bestimmung ihrer Gröfse aber und der Bedingungen, denen sie unterworfen ist, haben eine zahllose Menge Untersuchungen veranlafst. Hiernach ist die Wärme bei den Vögeln am gröfsten, denn sie beträgt nach Braun[1] zwischen 39°,5 und 43°,75 C., nach den zahlreichen und genauen Versuchen von Pallas[2] aber ist ihr Minimum 39°,25 und ihr Maximum 43°,8 C. Einige nähere Bestimmungen hierüber hat Edwards[3] angegeben, woraus sich zugleich ergiebt, dafs diese thierische Wärme mit der Zahl der Pulsschläge in der Minute gleichlich, nicht aber mit der Frequenz des Athmens correspondirt. Hiernach ist

Gattung	Temperatur	Pulsschlag	Athmung
Taube	40°,0	136	34
Huhn	41,5	140	30
Ente	42,5	110	21
Fischreiher	41,0	200	20

Auch John Davy[4] hat bei verschiedenen Vögeln die Eigenwärme gemessen, namentlich auch bei solchen, die unter höheren Breiten leben. Zur leichteren Uebersicht stelle ich hier die untersuchten Species zugleich die Aufenthaltsorte, sowie der Temperatur der Luft, und die der Vögel neben einander.

---

1 Nov. Comm. Petrop. T. XIII. p. 419.
2 S. Rudolphi Physiologie. Th. I. S. 181.
3 Ann. de Chimie. T. XXII. p. 50.
4 A. o. a. O.

Digitized by Google

Species	Aufenthalt	Temperatu Luft	Thi
Falke[1]	Colombo . . .	25°,25	37°,
Todteneule	London . . .	15,56	40,
Papagei	Ceylon	24,44	41,
Dohle	Ceylon	29,44	42,
Gemeine Drossel	London . . .	15,55	42,
Gemeiner Sperling[2]	Ceylon	26,67	42,
Gemeine Taube	Ceylon . . .	25,56	43,
	London . . .	15,56	42,
Indisches Huhn	Ceylon	25,56	42,
Gemeines Huhn	Edinburgh .	4,44	42,
	Ceylon . . .	25,56	43,
Perlhuhn	Ceylon	25,56	43,
Welsches Huhn	Ceylon	25,56	42,
Procellar. aequinoct.	2° 3′ N. B. .	26,11	40,
Procell. capensis	34° 1′ S. B. .	15,00	40,
Gemeine Gans	Ceylon	25,56	41,
Gemeine Ente	Ceylon	25,56	43,

Die Vögel können aufserdem in sehr grofser Kälte ausdau und ihre Eigenwärme scheint darin nicht merklich herabzu hen, denn King[3] beobachtete am Sklavensee beim Waldr huhn, sowohl Männchen als auch Weibchen, übereinstimm 43°,33 C. in einer Umgebung von — 8°,33 bis — 15°; b weifsen Rebhuhn gleichfalls 43°,33 in einer Kälte von — 35° C., bei einem Schneehuhn aber nur 41°,2 in einer K von — 40°,55 C., bei einem braunen Taucher 41°,4 und b Eistaucher 35°,0 in einer Atmosphäre von 10°, bei der Bl meise 37°,78 in — 8°,89, beim Blutfinken 37°,22 in — 21°, endlich bei einem Sandläufer (Schnepfe) 41°,66 in einer U gebung von 15°,55. Hieraus geht zugleich hervor, dafs Vögel grofse Kältegrade ertragen können, indefs findet m dafs Sperlinge und Raben bei strengstem Froste ungewöhnl kalter Winter, vermuthlich aber hauptsächlich wegen Mang an Nahrung aus der Luft herabfallen; auch erzählt J. G. Gm lin[4], dafs Elstern und Sperlinge bei einer Kälte unter d

1 Dieser Vogel war einige Stunden vorher geschossen.

2 Beim Spatzen fand Edwards im Februar 40°,66, im April 41° und im Juli 43°,75 C. S. De l'Influence des agens phys. sur la V Sect. III.

3 Edinburgh New Phil. Journ. N. XLI. p. 150.

4 Flora Sibirica. Petrop. 1747. 4. Praef. p. LI.

Digitized by Google

Gefrierpuncte des Quecksilbers zu Jeniseisk todt niederfielen, aber sich wieder erholten, wenn sie zeitig genug in die Wärme gebracht wurden.

191) Ueber die Eigenwärme der Säugethiere giebt es eine unglaubliche Menge von Beobachtungen, von denen einige der wichtigsten zu erwähnen genügen wird. Unter die älteren gehören die von Martine[1], Braun[2], Hunter[3] und vorzüglich Pallas[4]. Hiernach nähern sich die kleinern Thiere mehr den Vögeln, indeſs weicht ihre Temperatur nicht sehr von derjenigen ab, welche bei Menschen constant gefunden wird, die grössern Thiere dagegen haben die letztere mit unbedeutenden Abweichungen. Dumas[5] hat, wie bei den Vögeln, so auch bei den Säugethieren die Eigenwärme derselben mit den Mengen der Pulsschläge und der Athmungen in einer Minute zusammengestellt.

Gattung	Temp.	Pulsschläge	Athmung
Affe	35°,5	90	30
Schwein	38,0	140	36
Hund	37,4	90	28
Katze	38,5	100	24
Ziege	39,2	84	24
Kaninchen . . .	38,0	120	36
Pferd	36,8	56	16
Schaf	38,0	—	—

So wie bei den Vögeln, verdienen auch die durch John bei den Säugethieren angestellten Messungen vorzugsweise Beachtung, und ich theile sie daher auf gleiche Weise, wie jene, hier mit.

---

1 Dissertations sur la chaleur. Par. 1751. 8.
2 Nov. Comm. Petrop. T. XIII. p. 419.
3 Philos. Trans. 1792. p. 671.
4 Rudolphi Physiol. Th. I. S. 183.
5 Ann. de Chim. T. XXII. p. 50.

Species	Aufenthalt	Temperatur der Luft	Temperatur des Thiers
Simia Aygula .	Colombo	30°,00	40°,00
Manis pentedactyla[1]	Colombo . . .	26,66	32,22
Fledermaus . .	Colombo . . .	27,78	38,00
Vesp. Vampirus .	Colombo . . .	21,11	37,78
Eichhörnchen . .	Colombo . . .	27,22	38,89
gem. Ratte . . .	Colombo . . .	26,67	38,89
Hase	Colombo . . .	26,67	37,78
Ichneumon . .	Colombo . . .	27,22	39,44
Frettel	Colombo . . .	26,67	37,78
Hofhund . . .	Ceylon	....	39,44
Schakal . . .	Colombo . . .	28,89	38,33
gem. Katze . . .	London . . .	15,56	38,33
Parther	Colombo . . .	27,22	38,89
Pferd	Ceylon	27,78	37,45
Schaaf	Schottland . . .	....	38,33 40,00
Ziege	Colombo . . .	25,56	39,50
Ochse	Edinburgh . .	....	37,78
	Ceylon . . .	26,67	38,89
Elenthier . . .	Ceylon	25,56	39,44
wildes Schwein .	Ceylon	23,88	40,55
Elephant . . .	Colombo . . .	26,67	37,45
Meerschwein . .	8° 23′ nördl. Br.	22,22	37,77

Aus verschiedenen Messungen von John Davy geht he
oder wird mindestens sehr wahrscheinlich, dafs die Wärm
genannten Thiere durch das heifsere Klima um 1 bis 2 (
und wohl noch mehr gesteigert wird. Dieses ist aller
merkwürdig, denn Arago[2] bemerkt, dafs nach den Resul
der Messungen während der Expedition des Capitain Bac
Temperatur warmblütiger Thiere durch eine Kälte von 0
— 32° nicht abnimmt; und noch augenfälliger ergiebt sich
ses aus denen, welche während Parry's zweiter Reise a
stellt wurden[3]. Hiernach waren

1 Das Thier war merklich krank.

2 L'Institut 1836. N. 164. p. 205.

3 Ann. Chim. et Phys. T. XXVIII. p. 223.

Digitized by Google

Thiere	Temperaturen Luft	Thiere
arktischer Fuchs .	— 25°,6	41°,5
derselbe	— 23,3	36,6
weifser Hase . . .	— 29,4	38,3
Fuchs	— 35,6	41,1
derselbe	— 26,2	37,8
Wolf	— 32,8	40,5

benso nach King's[1] Messungen bei der Expedition des Ca-
tain Back

Thiere	Temperaturen Luft	Thiere
männl. Eichhörnchen	— 40°,56	38°,89
weibl. Eichhörnchen	— 8,83	38,89
Moschusochse	+ 5°,00	40,00
Lemming	+ 3,89	33,89

192) Bei der Untersuchung der thierischen Wärme darf gleich diejenige nicht übersehn werden, welche bei einigen hierclassen im Winterschlafe statt findet. Uebergehn wir das-
nge, was diesen höchst merkwürdigen Zustand im Allge-
einen betrifft, wie es nach den frühern Untersuchungen von
HAOLD, RAFFIN, SPALLANZANI, MANGILI, SAISSY, PRU-
NER und Anderen durch FLOURENS[2] zusammengestellt worden ist,
unterscheidet Letzterer den Zustand der vollkommenen und
vollkommenen Lethargie; im ersteren findet weder Athmung
ch Blutumlauf statt, im letzteren wird das Athmen durch Zwi-
schenräume von Minuten und selbst Stunden unterbrochen, die
mperatur geht aber bis 5°, 4° und selbst 3° C. herab. Sehr
ane Untersuchungen über die eigenthümliche Beschaffenheit
s Winterschlafes nach lange fortgesetzten Beobachtungen und
nach modificirten Versuchen hat MARSCHALL HALL[3] be-
nt gemacht. Dieser Zustand ist hiernach ein eigentlicher
hlaf, jedoch vom gewöhnlichen dem Grade nach verschieden.
rch Kälte fallen die Thiere in gewöhnlichen Schlaf, und
ser geht allmälig in den eigentlichen Winterschlaf über, in

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. XLI. p. 151.
2 Ebendas. N. XIV. p. 219.
3 Philosoph. Transact. 1832. p. 335 ff.

Digitized by Google

welchem das Blut wegen mangelnder Respiration seinen riellen Charakter verliert. Die Irritabilität ist vermehrt, die spiration geschwächt oder ganz fehlend, die Sensibilität Nerven aber und die Muskelbeweglichkeit sind unvermin wird das Thier gereizt, so erfolgt Respiration und die W steigt; mit aufhörendem Reize tritt der frühere Zustand w ein. Der Winterschlaf ist vom Torpor verschieden, in chen das Thier durch heftige Kälte und andere dasselbe afficirende Leiden verfällt. Im Ganzen ist die Lebensthäti so gering, dafs das Thier fast genau die Temperatur der gebung annimmt. Letztere Thatsachen ermittelte Marsc Hall dadurch, dafs er ein feines Thermometer unter Bauche einer in den Winterschlaf verfallenen, durch schl Wärmeleitung von der äufsern Luft abgesonderten Flede liegen liefs und die Scale von aufsen beobachtete. Vom bis 31sten Januar erhielt er folgende Temperaturen.

Thier	Luft	Thier	Luft	Thier	Luft	Thier	Luft
4°,65	4°,44	3°,00	2°,78	2°,22	2°,22	3°,00	5°,00
6,11	6,11	2,78	2,78	3,89	3,89	2,78	2,78
5,25	5,50	4,44	4,44	4,44	4,44	1,36	1,36
7,78	8,33	2,78	2,78	6,66	6,66	2,78	2,78
7,78	7,78	1,67	1,67	5,80	5,80	5,56	5,56
8,33	8,33	2,78	2,78	4,68	4,68	6,11	6,11
7,22	7,22	5,56	5,56	6,36	6,36	5,56	5,56
7,22	7,22	4,44	4,44	5,56	5,56	4,13	4,13

Es mufs hierbei noch bemerkt werden, dafs nach wiederh Versuchen die innere Wärme des Thieres im Mittel etwa höher ist, als die auf die angegebene Weise gefundene. übrigens die Winterschläfer nicht respiriren, ist nicht durch ihren Aufenthalt in mephitischen Gasarten, sondern durch Untertauchen unter Wasser genugsam erwiesen[1].

193) Die Eigenwärme der Menschen ist vielfach unter

---

1 Interessante Erfahrungen über die verschiedenen Mittel, durch nicht blofs die Winterschläfer, sondern die Thiere über im Winter die äufsere Kälte abzuhalten suchen, von J. Rennie man in Journ. of the Roy. Inst. N. III. p. 496. Ueber den Wi schlaf der Insecten, s. Suckow in Heusinger's Zeitschrift für di ganische Physik. Th. I. S. 597.

Digitized by Google

worden, allein die verschiedenen Bestimmungen hierüber weichen nicht unbedeutend von einander ab, was eine Folge unrichtiger Thermometer oder nicht hinlänglich genauer Messungen seyn mufs. Dafs dabei allezeit nur von der Wärme der innern Theile, namentlich des Blutes, die Rede seyn könne, versteht sich wohl von selbst, denn die der äufsern Theile ist von unbestimmbaren Bedingungen abhängig. Einige der wichtigsten Bestimmungen sind folgende. Nach Brisson[1] ist die menschliche Wärme 37°,37 C., nach Martine[2] 37°,22, welche Gröfse seitdem sehr allgemein angenommen wurde. Braun[3] fand im Mittel aus mehrern Beobachtungen eines im Munde gehaltenen Thermometers 36°,25 bis 36°,75, Hunter[4] dagegen unter einer eigenen Zunge 36°,11, im Innern des Mastdarms aber 37°,78. Wiederholte Beobachtungen an einem feinen Thermometer, welche aber mindestens 10 Minuten unter der Zunge gehalten werden mufs, um die höchste Temperatur anzunehmen, brachten Wahlenberg[5] zu der Ueberzeugung, dafs die menschliche Wärme vermöge ihrer Unveränderlichkeit sogar zum Graduiren der Thermometer gebraucht werden könne und gleich 36°,87 betrage. Mit dieser Bestimmung kommen alle weitere genauere so nahe überein, dafs der Unterschied wohl noch innerhalb der Fehlergrenze liegend zu betrachten ist, denn einer andern beobachtete Rudolphi[6] an sich selbst sowohl in Berlin als auch in Neapel und zugleich in verschiedenen Jahreszeiten 29° bis 29°,5 R., also 36°,25 bis 36°,86 C.

194) Im weitesten Umfange hat John Davy[7] die Wärme der Menschen zu bestimmen sich bemüht, wozu ihm seine Reise nach Ceylon eine vorzüglich günstige Gelegenheit darbot. Nach der allgemeinen Bestimmung setzt er die Eigenwärme der Menschen in Europa auf 36°,66 C., fand aber zugleich, dafs sie unter der Linie um 1° bis 1°,5 zunahm, und unter 12° südl. Br., 37°,7 C. betrug. Nachdem dieselben Menschen sich 12 Wochen zwischen 30° und 35° südl. Br. aufgehalten hat-

1 Dict. rais. de Phys. art. Chaleur anim.
2 Dissert. sur la Chaleur. p. 174.
3 Nov. Comm. Petrop. T. XIII. p. 419.
4 Philos. Trans. T. LXVIII. p. 7.
5 G. XLI. 117.
6 Physiologie Th. I. S. 185.
7 Ann. Chim. et Phys. T. XXII. p. 435.

Digitized by Google

ten, war ihre Wärme bei 15° äufserer Temperatur nicht hö als 36°,42. Zu Colombo auf Ceylon fand er die Wärme sechs Singalesen = 38°,23 in einer äufsern Temperatur 25°,11 und später die der Mestizen ebendaselbst = 38° der Weifsen = 38°,54. Später hat John Davy[1] seine säm lichen Beobachtungen zusammengestellt, die sich zuerst auf veränderliche Wärme der nämlichen Menschen unter versc denen Bedingungen, und zweitens auf die der verschied Menschenracen beziehn. Rücksichtlich des ersteren mafs er Wärme bei verschiedenen Individuen der Schiffsmannschaft seiner Reise nach Ceylon vermittelst eines unter die Zunge haltenen Thermometers. Die Wärme, die er in Europ Mittel zu 36°,67 C. angiebt, fand er bei 7 gesunden In duen unter 9° 42′ nördl. Br., bei 25°,56 äufserer Tempe zwischen 36°,67 und 37°,45; unter 0° 12′ nördl. Br. bei 26 äufserer Temperatur zwischen 36°,87 und 37°,78; unter 44′ südl. Br. bei 26°,67 äufserer Temperatur zwischen 37 und 38°,33; nach einem Aufenthalte von drei Wochen schen 30° und 35° südl. Br. bei einer äufseren Temperatur 15°,56 unter 35° 22′ südl. Br. zwischen 36°,67 und 37

Um den Einflufs eines schnellen Wechsels der äufseren Te ratur zu ermitteln, mafs er bei den nämlichen Individue Wärme zuerst in Kandy, der Hauptstadt von Ceylon, dann im Hafen zu Trincomalie, wohin sie reiseten. Jenes unter 7° 17′, dieses unter 8° 34′ nördl. Br.; dort war w der Erhebung von 1500 Fufs über die Meeresfläche die lere Temperatur 23° C., hier 28°, und so fand er dort zwi 36°,67 und 37°,22, hier zwischen 37°,22 und 37°,66. 16 Tagen müssigen Lebens zu Trincomalie fand er zwi 36°,94 und 38°,89; nachdem sie aber zwei Tage wied Kandy gewesen waren, fand er zwischen 36°,66 und 36 Da die Temperatur zu Kandy stark wechselte, so unters er endlich den Einflufs dieses Wechsels bei einem Individ und fand

1 Edinburgh Philos. Journ. N. XXVI. p. 300.

Digitized by Google

Stunde	Temperatur der Luft	Temperatur des Menschen	Empfindung
6h Morg.	15°,83	36°,67	Kühle
9 —	18,88	36,39	Kälte
1 Mitt.	25,56	36,95	Kühle
4 —	26,11	36,95	Wärme
6 —	21,66	37,22	Wärme
11 —	20,56	36,67	Kühle

zweitens die Eigenwärme der verschiedenen Menschenracen zumitteln, stellte er auf dem Cap, auf Isle de France und Ceylon die erforderlichen Messungen an. Bei den Hottenfand er zwischen 35°,83 und 37°,50, wobei die beobachtete sehr geringe Wärme wohl Folge des zu kurze Zeit wenden Versuchs seyn möchte, doch waren die Individuen, welche die geringere Wärme zeigten, sehr mager und schwächlich, drei robuste Engländer dagegen zeigten gleichzeitig zwischen 37°,22 und 37°,5. Zu Isle de France bei 23°,33 äufsere Wärme zeigten drei robuste Neger zwischen 37°,22 und 37°,5, drei Engländer daselbst zeigten 36°,94. Bei sechs Singalesen auf Ceylon war die Wärme mit geringen Unterschieden zwischen 37°,78 und 38°,61; bei vier Albinos zwischen 38°,33 und 38°,61; bei Kindern von singalesischen Müttern und Engländern war die Wärme zwischen 37°,78 und 38°,89, bei anderen, europäischer Abkunft, zwischen 38°,33 und 38°,89. Zu Trincomalee auf Ceylon zeigte ein fast hundert Jahr alter Einwohner bei 22°,22 äufserer Temperatur nicht mehr als 35°, dagegen aber schwankte die Eigenwärme der Bewohner jener Gegend zwischen 36°,67 und 37°,22. Auch drei Vaidas, gänzlich wild und nackte, welche zufällig aus den Wäldern am See Batticaloa nach Ceylon gekommen waren, zeigten zwischen 36°,67 und 36°,95. Genau ebenso zeigten vier Malayen bei 26°,22 äufserer Temperatur zwischen 36°,94 und 37°,22; sechs Malays bei 26°,67 äufserer Temperatur zwischen 36°,67 und 37°,78 und die englischen Soldaten bei ungefähr 24° äufserer Temperatur zwischen 36°,67 und 38°,33.

195) Die hier mitgetheilten Resultate geben eine sehr verständige Uebersicht, und sie sind um so schätzbarer, weil sie durch ein Thermometer unter der Zunge erhalten wurden. Um aber die Einflüsse verschiedener äufserer Bedingungen noch

näher kennen zu lernen, wollen wir aufserdem einige an Erfahrungen mittheilen. Nach Chisholm's[1] Beobachtu auf Demerary unter 6° nördl. Br. war bei zwei eben aus l land angekommenen Personen die Wärme unter den Ac 35°,6, der Puls 98; bei zwölf länger dort anwesenden We 35°,6, der Puls 70; bei zwölf kürzlich angekommenen N von der Goldküste 36°,4, der Puls 98; bei zwölf länge anwesenden Negern 35°,8, der Puls 82; bei zwölf Creolen 3 der Puls 85. Ferner war bei

einem weifsen	Kinde	von	6	Mon.	Temp.	37°,2	Puls	128
—	—	—	15	—	—	36,7	—	128
—	—	—	30	—	—	36,7	—	132
— schwarzen	—	—	42	—	—	36,2	—	112
— Mulatten	—	—	4,5	Jahr	—	36,2	—	112
— Muslee	—	—	5	—	—	36,7	—	112
einer Negerin		—	80	—	—	36,7	—	94

Die mittlere Wärme von 60 erwachsenen Individuen war gerade wie in England. Auch Douville[2] hat auf seiner in Africa viele Beobachtungen angestellt, welche zwar absolut genaue Resultate geben konnten, da er die Therm terkugel in der Hand halten liefs, doch aber wegen ihrer gleichbarkeit unter sich viel Interesse gewähren. Es zeigt Morgen früh vor dem Ausgehn

ein Weifser	von	12	Jahren 36°,56
— Neger	—	12	— 39,35
— Weifser	—	20	— 36,25
— Neger	—	20	— 38,75
Mädchen weifs	—	14	— 37,50
— schwarz	—	14	— 40,31.

Auf einer Höhe von 2150 Metern fand er im Juli folg Einfluss des Temperaments.

Ein Neger,	faul	und	dumm	von	18	Jahren	37°,3	
—	—	—	—	—	—	18	—	37,1
—	—	thätig	—	klug	—	18	—	36,6
—	—	—	—	—	—	18	—	36,3

1 Biblioth. univ. T. XV. p. 159.
2 Journ. de Chim. médic. VIIIme Ann. Fevr. p. 97.

Digitized by Google

Bei Unthätigkeit im Schatten, aber auch durch Thätigkeit in der Hitze, scheint die Temperatur herabzugehn; denn er fand bei einem

Neger, faul und unthätig	in der Cabane . .	37°,15
— — —	— in der Sonne . . .	40,20
— thätig	in der Sonne . . .	39,75.

Endlich glaubt er gefunden zu haben, daſs bei den Negern, die sich früh entwickeln und selten über 40 Jahre alt werden, die Wärme mit den Jahren merklich abnimmt. Er fand bei

einem Neger	von	15	Jahren . . .	40°,30
einer Negerin	—	15	—	40,90
einem Weiſsen	—	20	—	37,80
einem Neger	—	20	—	39,05
einer Negerin	—	20	—	39,45
einem Neger	—	25	—	38,85
einer Negerin	—	25	—	38,61
Neger von Loande		54	—	37,91

196) Einen sehr schätzbaren Beitrag zur Bestimmung der thierischen Wärme verdanken wir den Beobachtungen, welche Reynaud und de Blosseville auf der Corvette La Chevrette anstellten. Sie wurden an 12 Personen der Schiffsmannschaft 3 Stunden nach dem Essen gemacht, indem die Thermometerkugel bei verschlossenen Lippen wenigstens 15 Min. unter der Zunge blieb, die Thermometer aber waren vor und nach der Expedition auf der Sternwarte genau geprüft, und das mittlern Resultate, welche zwischen dem Maximum von 37°,2 und dem Minimum von 36°,7 liegen, zeigt folgende Tabelle.

Zeit	Breite	Länge von Par.	Temperatur der Luft	Temperatur d. Menschen
Juli 1827	10° 4′ N.	23° 28′ W.	26°,00	37°,34
September 1827	0 10 S.	65 23 O.	30,00	37,72
Mai 1828	7 1 S.	102 41 O.	30,80	37,51
October 1828	0 30 N.	22 36 W.	26,00	37,51
August 1827	36 10 S.	26 0 O.	17,03	37,01
October 1828	32 23 S.	12 26 O.	17,03	37,15
December 1828	46 0 N.	12 0 W.	12,02	37,17

Digitized by Google

Nach im Ganzen 77 Beobachtungen war die mittlere Wärm von 8 Individuen bei äufserer Temperatur zwischen 26° b 30°,8 C. = 37°,58 und von den nämlichen bei einer äufse Temperatur zwischen 12° bis 17° C. = 37°,11. Die bei A thiopiern und Hindus gemachten Messungen sind für eine g nügende Entscheidung nicht hinlänglich sicher, doch weic die gefundene Wärme derselben von der der Europäer nic merklich ab.

197) Nehmen wir alle diese Angaben, die sich leicht no um viele vermehren liefsen, zusammen, so erscheint es fraglich, ob wir die von Wahlenberg angegebene Bestim mung von 36°,87 als allgemeine Normalgröfse annehmen kö nen, was jedoch für mittlere Breiten und ohne bedingende N benumstände im Mittel zulässig seyn dürfte. Eine andere s darbietende Frage ist die, ob die menschliche Wärme in al Theilen des Körpers dieselbe sey, was schon insofern ni wohl der Fall seyn kann, als die Extremitäten durch Abl tung einen Verlust erleiden müssen, wenn gleich ein Therm meter unter der Zunge hinlänglich lange gehalten die Wär des menschlichen Körpers genau genug angeben wird, obsch die des Blutes im Herzen und in den Lungen noch eine Kl nigkeit höher seyn dürfte. Wenn wir übrigens die Feh grenze auch möglichst grofs annehmen, so können wir d nicht wohl umhin zuzugestehn, dafs die menschliche Wär unter mittlern und höhern Breiten zu 36°,87 bis 37° angeno men unter dem dauernden Einflusse höherer Temperatur et um 1° bis höchstens 1°,5 steige, und bei den Negern 39° n selbst noch darüber erreiche. Sollten aber auch einzelne In viduen einen geringen Unterschied zeigen, so ist auf jeden F ihre Wärme eine constante Gröfse, die sich im Ganzen ka einige Grade ändert. Hierüber sind gleichfalls eine Menge B obachtungen vorhanden. Namentlich überzeugte sich Fr. H me[1], welcher die Wärmegrade mit der Zahl der Pulsschl verglich, dafs 41°,62 das Maximum der Wärme sey, wel bei Patienten in der heftigsten Fieberhitze eintritt[2]. Eb

1 Medical Facts and Experiments. Lond. 1759. 8. p. 217 228.

2 Ich wage nicht zu entscheiden, was von der Angabe Gar ret's zu halten sey, welcher durch Versuche gefunden zu haben b hauptet, dafs ein Thermometer in der Achselhöhle beim Wechselfie

hoch steigt nach John Thomson[1] die Hitze des Blutes im Herzen, und dieses ist als das Maximum für den Zustand der Entzündung anzusehn. Wie weit die Temperatur in Ohnmachten herabgeht, finde ich nicht angegeben, denn die Beobachtung von James Currie[2], in dessen Hand das Thermometer während einer Ohnmacht nach einem Aderlafs bis 28°,33 herabging, ist zu wenig entscheidend, indem hierbei das Zutreten des Blutes in die innern Theile von entscheidendem Einfluss seyn konnte. Aeufsere Einflüsse der Wärme und Kälte scheinen minder geeignet, die natürliche Temperatur der Menschen zu erhöhn und zu vermindern, mehr aber dürfte dieses durch den innern Zustand gröfserer Aufregung oder ungewöhnlicher Atonie geschehn. So ergeben die Versuche von W. F. Edwards[3], dafs die warmblütigen Thiere in kalten Jahreszeiten mehr Wärme produciren und mehr Sauerstoffgas einathmen, als in kalten. Bei neugebornen Kindern fand er eine sehr geringe Wärmeproduction; sie wird aber nach einigen Tagen schon so stark, als bei Erwachsenen. Nach den Beobachtungen englischer Aerzte[4] steigt die Temperatur in heftigen Krankheiten sehr selten höher, als 40°,56 C. und nie über 42° C.

198) Vorzügliche Beachtung verdienen die Untersuchungen von Becquerel und Breschet über die thierische Wärme, da sie sich des Thermomultiplicators bedienten[5]. Bei zwei jungen männlichen Geschlechts von 20 Jahren und einer älteren von 55 Jahren fanden sie die mittlere Temperatur der Achseln 36°,77 C., übereinstimmend mit der bei verschiedenen Thieren. Diese Wärme ist etwas gröfser als die des Zellgewebes, und zwar beträgt der Unterschied, welcher aus der Haut an die äufsere Umgebung entspringt, etwa 1°,25 bis

---

1° bis 4° C. über und in der Fieberhitze 1° bis 2° weniger als mittlere Temperatur zeigt. S. Froriep Not. Th. XI. N. 9.

1 Lectures on Inflammation. Edinb. 1813. 8. p. 46.

2 Ueber die Wirkungen des kalten und warmen Wassers. Leipz. 2 Voll. 8. Th. II. S. 349.

3 De l'Influence des Agens physiques sur la Vie cet. Par. 1824. Sect. 3.

4 Edinburgh Med. and Surg. Journ. T. XXII. p. 363.

5 Annales des Sciences naturelles. T. III. 1835. p. 257. Vergl. Thermometer. Bd. IX. S. 1003.

Digitized by Google

höchstens 2° C., die mittlere Temperatur der Muskeln bei ve schiedenen Hunden war 38°,3, erreichte aber nie 39°,48, w Despretz gefunden zu haben behauptet. Beim gesunden Hun ist die Wärme der Brust, des Abdomen und des Gehirns d nämliche, als die der Muskeln; beim Einsenken der therm elektrischen Nadel in das Gehirn ging dieselbe jedoch sogle um einige Grade herab, und der Hund starb nach wenig Minuten. Als merkwürdiges Resultat verdient beachtet zu w den, dafs die Temperatur der Muskeln sich durch verschied Ursachen merklich ändert, namentlich durch die Contracti die Bewegung und die Zusammendrückung. Fällt die Co traction des Muskels mit den wiederholten Oscillationen Nadel des Multiplicators zusammen und werden letztere durch vergröfsert, so nimmt man wahr, dafs die Temper hierdurch um 0°,5 C. wächst. Wird der Arm, in dessen Mu kel die thermoskopische Nadel (aus Stahl und Kupfer) ein senkt ist, bewegt, z. B. beim Sägen eines Bretes, so steigt Temperatur durch den Andrang des Blutes um 1° C., w dagegen die *arteria humeralis* stark mit dem Finger zusa mengedrückt, während die thermoskopische Nadel im bie oder noch besser im Muskel des Vorderarms eingesenkt ist, zeigt sich sogleich eine Verminderung der Temperatur um nige Zehntel eines Grades. Mit einem etwas abgeänderten A parate fanden dieselben Gelehrten nachher[1] im Fieberzusta die Wärme der Muskeln bis 3° C. erhöht, sehr entzünd Scrofelgeschwülste zeigten keine Erhöhung, Krebsschäden, weit sie untersucht werden konnten, eine kaum merkliche V ringerung. Ebenso war die Wärme an der vom Schlage rührten Seite nicht verschieden von der der andern. Bei nem eben verstorbenen Menschen war die Temperatur des ceps *brachialis* erst 1°,5 niedriger, nachdem die der H schon um 5° C. gesunken war. Durch noch weiter fort setzte Versuche fanden dieselben[2], dafs bei Menschen Hunden die Wärme der Muskeln im Rhonethale und auf St. Bernhard keinen Unterschied zeigt. John Davy will funden haben, dafs im Mittel bei fünf Lämmern die Te peratur des arteriellen und venösen Blutes um 0°,74 C. v

1 L'Institut. 1835. N. 118. p. 359.
2 Ebendaselbst 1836. N. 190. p. 435.

Digitized by Google

schieden ist, bei vier Hunden fanden die erstgenannten Gelehrten aber einen Unterschied von 0°,84 und in andern Versuchen von 1°,01. Bei der Messung der absoluten Wärme der *vena jugularis* und der *arteria cruralis* fanden sie die Wärme jener 38°,0, dieser 38°,9, statt dafs John Davy einen Unterschied von 1°,1 gefunden hat. Eine kleine Entfernung vom Herzen giebt keinen merklichen Unterschied, wohl aber eine gröfsere. Bei einem welschen Hahn (*meleagris gallo-pavo*) fanden sie die Wärme des *pectoralis* 40°, des Zellgewebes unter der Haut 38°,5 und die linke Herzkammer übertraf die letzte um 0°,9 C.

199) Der Mensch kann vorzugsweise sehr hohe Grade der Hitze und Kälte ertragen, wenn er in beiden Fällen durch Kleidung gegen zu grofse Zuleitung oder Ableitung der Wärme geschützt ist, weil sonst sein Organismus der Aufnahme der zugeführten oder der Entziehung seiner eigenen Wärme nicht genügend widersteht. Ist der Mensch ohne Schutz und Kleidung in trockener Luft einer anhaltenden Kälte von 2° bis 6° über dem Gefrierpuncte oder im Wasser und feuchter Luft von 6° bis 10° ausgesetzt, so erliegt sein Lebensorganismus in 6 bis 12 Stunden[1]. Durch Kleider geschützt kann der Mensch in trockner Luft unglaublichen Graden der Kälte widerstehn. Die Grönländer, Lappen und Bewohner des östlichen Sibiriens ertragen oft im Freien eine Kälte unter dem Gefrierpuncte des Quecksilbers, welche selbst in Petersburg und Moskau nicht zu den grofsen Seltenheiten gehört. Am merkwürdigsten sind hierüber die Beobachtungen des Capitains Parry in seinem Winteraufenthalte auf der Insel Melville. Der hohen Kälte ungeachtet bewegte sich die Mannschaft täglich im Freien und fand es unangenehmer und mehr afficirend, sobald bei verminderter Kälte der Wind wehete, als wenn bei den höchsten Graden derselben die Luft ruhig und trocken war, in welchem Falle eine Temperatur von — 47°,5 C. leicht ertragen wird, also, die natürliche Wärme zu 37°,5 angenommen, eine

1 Ein Beispiel liefert der Tod aller Menschen auf einem gestrandeten Schiffe, von denen blofs eine Frau und ein Neger erhalten wurden, die den untersten Platz im Schiffe einnehmen mufsten und bis an den Hals im Wasser standen. S. Philos. Trans. T. LXXXII. 199.

Digitized by Google

Temperaturdifferenz von 85° C. erzeugt wurde[1]. Wenn ih jemand bei einer solchen Kälte dem geringsten Winde entg gen ging, so empfand er ein beifsendes Gefühl im ganzen G sichte, verbunden mit einem Schmerze mitten auf der Sti welcher bald sehr heftig wurde. War jemand dem Einflu dieser Kälte mehrere Stunden oder einen ganzen Tag ausg setzt, wie sich zuweilen bei Verirrungen auf der Jagd erei nete, so erzeugte dieses den Zustand der Betäubung, welc völlig dem der Berauschung glich, indem die auf solche We Afficirten irre redeten, bis sie in wärmerer Umgebung wie hergestellt waren. Parry versichert, er würde einige Indi duen in dieser Lage für berauscht gehalten haben, wenn nicht vom Gegentheil bestimmt überzeugt gewesen wäre, u er glaube, dafs oft in ähnlichen Fällen Trunkenheit best worden sey, wo es nur Betäubung durch Kälte war.

200) Die warmblütigen Thiere können dauernd nicht einer Temperatur leben, welche ihre natürliche übersteigt; kl nere Thiere sterben in einer solchen bald, mit gröfsern Th ren lassen sich nicht wohl Versuche hierüber anstellen, Me schen aber ertragen kurze Zeit eine Wärme, welche selbst Siedehitze des Wassers übersteigt. Boerhave[2] stellte den S auf, der Mensch und überhaupt die warmblütigen Thiere se aufser Stande, auch nur während einer unbedeutend lan Zeit eine höhere Temperatur, als die der Blutwärme, zu tragen. Als diesemnach Fahrenheit und Prevost ei Hund und eine Katze in einer Trockenstube für Zucker ei Hitze von 63°,44 C. aussetzten und diese nach 28 Minu starben, wurde die Meinung angenommen, dafs es für war blütige Thiere überhaupt unmöglich sey, einen Hitzegrad ü die Blutwärme auszuhalten. Allein im J. 1748 fand Linn zu Charlestown die Hitze in der Sonne 51° C., Adanso am Senegal in den heifsen Nächten 32°,5, am Tage 40°, Sande an der Sonne 75°, in der Cajüte auf dem Strome wä rend der Nacht 37°,5 bis 40°, am Tage 50° bis 56°, und d hielten die Menschen dieses aus; Gmelin[5] fand die Temper

1 Parry's zweite Reise. D. Ueb. S. 245 u. 187.
2 Elem. chem. L. B. 1732. T. I. p. 275. T. II. p. 353.
3 S. Philos. Trans. 1748. p. 336.
4 Hist. natur. du Sénégal. Par. 1757. 4. p. 58 ff.
5 Flora Sibirica. T. I. praef. p. 81.

Digitized by Google

der russischen Dampfbäder 42°,25 bis 46°,25, und Ellis[1] berichtete aus Savannah, dafs ein unter einem Schirme getragenes Thermometer 40°,44 zeigte, gegen seinen Körper gehalten aber auf 35°,88 herabging. Deswegen stellte Arn. Duntze[2] abermals Versuche mit kleinen Thieren an, welche aber in einer Wärme von 45° starben und auf etwas längere Zeit nicht mehr als 40° bis 42°,5 auszuhalten vermochten. Gegen die hieraus gezogenen Folgerungen entschied eine Beobachtung von Tillet[3] und Duhamel, welche im J. 1760 eine Bäckerstochter 12 Minuten in einem Backofen verweilen sahn, dessen Hitze mit einem Weingeistthermometer auf 128°,75 C. geschätzt wurde; der Erstere wiederholte daher die Versuche abermals mit kleinen Thieren, welche aber nur kurze Zeit in 62° bis 75° aushielten und etwas länger, wenn sie in Leinen eingebunden waren. Dennoch berichtete Dobson[4], dafs er gesehn habe, wie mehrere Personen eine Hitze von 94° bis 106° C. etwa 10 bis 12 Min. ertrugen, wobei ihre Eigenwärme bis 48° stieg und ihr Puls 145 Schläge hatte.

201) Nach diesen einander widersprechenden Erfahrungen stellten endlich im J. 1775 Fordyce, Banks, Blagden, Dobson und Solander das zweckmäfsigste Mittel zur Entscheidung dieser zunächst in Beziehung auf die Menschen aufgeworfenen Frage, indem sie sich selbst höhern Hitzegraden aussetzten[5]. Fordyce liefs Zimmer durch Wasserdämpfe heizen, und in diesen hielt er aus 5 Min. in 32°,5; 10 Min. in 40°,75; 20 Min. in 48°,75; 15 Min. in 55° C. Hitze, ohne Vermehrung seiner Wärme, aber mit Beschleunigung seiner Pulsschläge bis zur Zahl von 145 in einer Minute. Einige von ihnen, durch die ersten Versuche dreist gemacht, ertrugen nachher 20 Min. 66°,25; 10 Min. 92°,5; Solander allein 7 Min. 82°,75; Banks 7 Min. 99°,35 und Blagden 7 Min. 126°,68, ein Hund endlich ertrug 30 Min. 100 bis 112°. In den von

---

1 Philos. Trans. T. L. p. 755.

2 Dissert. compl. varia exper. calorem animalium spect. L. B. 1754. 4.

3 Mém. de l'Acad. 1764. p. 186.

4 Phil. Trans. 1775. T. LXV. P. II. p. 463.

5 Philos. Trans. T. LXV. p. 111 u. 484. Ueb. in: Versuche über d. Vermögen d. Pflanzen und Thiere, Wärme zu erzeugen und zu vernichten. Von L. v. Crell. Helmst. 1778. 8.

Digitized by Google

Fothergill angestellten Versuchen ertrug Einer eine Hitze v 94°,5, wobei sein Puls von 65 auf 120, seine Wärme a 37°,5 stieg; ein Anderer ertrug 20 Min. 99°, während s Puls von 75 auf 164 und die Blutwärme auf 42° stieg, Dritter endlich, bei welchem der Versuch Ermattung und e lich Erbrechen verursachte, ertrug 10 Min. 106°,5, währe sein Puls von 80 auf 145, die Blutwärme auf 42° stieg. Sp tere Beobachtungen stimmten vollkommen darin überein, d der Mensch einige Zeit eine die Blutwärme weit übersteige Hitze zu ertragen vermag. Von natürlicher Hitze erzäh dieses Ellis[1], Tuckey[2], Haafner[3] und Andere, Rudo phi[4] empfand keine Beschwerden in den Dampfstuben See Avignano bei Neapel bei 43°,75 Temperatur, noch a Fried. Gregorius[5] in den Berliner Dampfbädern bei 5 bis 62° C., wobei ihre Eigenwärme um 3° bis 4° verme wurde.

Die neuesten, sehr werthvollen Versuche, wodurch m diese Aufgabe als erledigt betrachten kann, sind von De Roche und Berger[6]. Die stärkste Hitze ertrugen sie in troc nen Stuben und mit einem leinenen Schirme gegen die Str len der Wärme geschützt. Hier hielten sie 8 Min. in ei Temperatur von 87°,5 bis 90° aus, anfangs mit einer un genehmen Empfindung, nach dem Ausbruche des Schwei aber mit einem solchen Gefühle von Schwäche, dafs sie wegge mufsten. Nachher ertrugen sie nochmals kurze Zeit eine Hi von 109°,35 C., empfanden ein heftiges Brennen gegen Gesicht, geriethen in starken Schweifs und konnten ihren P wegen Schnelligkeit nicht zählen, waren aber dennoch na 45 Minuten wieder in ihrem natürlichen Zustande. Dur Wasserdämpfe erzeugte Hitze fanden sie viel unerträglich

---

1 Philos. Trans. T. L. p. 755.

2 Relation d'une expédition pour reconnaître le Zaire. Tr de l'Angl. Par. 1818. 8. T. I. p. 84.

3 Dessen Reise.

4 Physiologie Th. I. S. 198.

5 Dissert. de Sudationibus Rossicis. Berol. 1819. 4.

6 Expériences sur les effets qu'une forte chaleur produit da l'économie animale. Par. 1806. Journ. de Phys. T. LXIII. p. 20 LXXI. p. 289. Zum Theil in Nicholson's Journ. N. 72, daraus Bibl. Brit. T. XXXVI. p. 142.

Digitized by Google

als die trockne, auch brachte jene eine viel gröfsere Verminderung ihres Gewichtes durch Ausdünstung hervor, als diese. Bei kleinen Thieren brachten 62°, ja sogar 56° schon den Tod hervor, wobei ihre eigene Wärme meistens die der Umgebung überstieg. Noch weiter kann man es durch Schutzmittel gegen die Zuleitung der Wärme bringen. Ein gewisser Martinez blieb 14 Min. in einem Ofen, worin das Thermometer 170° C. zeigte. Sein Puls hatte vorher 76, nachher 136 Schläge. Hernach hielt er noch 7 Min. in 152° aus. Er bekleidete vorzüglich den Kopf mit vielem Wollenzeuche und stürzte sich nach dem Herauskommen in kaltes Wasser. Der Versuch erschöpft sehr und kann wöchentlich nur einmal angestellt werden[1].

202) Die Ausdünstung ist ein vorzügliches Hülfsmittel, so grofse Hitzegrade erträglich zu machen, indem die Eigenwärme dadurch gehindert wird, bedeutend über ihre normale Gröfse zu steigen. Aus dieser Ursache wird heifses Wasser weit weniger leicht ertragen, eine längst bekannte Wahrheit, die aber neuerdings dadurch wieder zur Sprache gebracht worden ist, dafs Marschall Marmont zu Brussa einen Türken gesehn zu haben berichtet, welcher in einem Bade von 78° C. lange Zeit verweilte[2], und dafs er auch dann bei seiner Aussage beharrte, als ihm verschiedene andere Erfahrungen entgegengesetzt wurden. Nach Newton soll man Wasser von 50° Wärme an der Hand ertragen, wenn man sie ruhig hält, aber nur von 42°, wenn man sie bewegt. Die genannten englischen Aerzte, welche eine so grofse Hitze in trockner Luft ertrugen, konnten in Quecksilber nur 47°, in Wasser 50°,5, in Oel 54° und in Alkohol 54°,5 C. aushalten; Dr. Carrère, ein rüstiger Mann, konnte in den warmen Bädern von Roussillon, deren Wärme 50° C. beträgt, nur drei Minuten verweilen, Lemonnier ertrug zu Barèges Wasser von 38° ohne grofse Unbequemlichkeit, von 45° aber nur acht Minuten, weil er roth wurde und anschwoll und eine Betäubung ihn nöthigte, das

---

1 *La Clinique.* 1828. N. 82.

2 *Das Mineralbad zu Kukurkli soll 84° C. und das zu Yeni-Kaplidja 64° C. haben.* Uebrigens steht Marmont's Beobachtung mit der Theorie *und vielen* Erfahrungen so sehr im Widerspruch, dafs sie auf der Hand *noch* als zweifelhaft gelten mufs.

Digitized by Google

Bad zu verlassen. Endlich setzt Dr. Berger 42° C. als Maximum der Temperatur eines Bades aus reinem Was welches der Mensch zu ertragen vermag[1]. Die Ursache di Unterschiedes liegt übrigens nicht fern; in der Luft, vorzi lich in der trocknen, wird stets etwas Wärme durch Verd stung entzogen, im Wasser aber die erzeugte durch zugefü vermehrt.

203) Die Quelle der thierischen Wärme liegt dem schein nach zunächst im Blute, denn sie wird durch dieses ganzen Körper verbreitet; diejenigen Theile sind die wärms welche den stärksten Zufluſs des Blutes haben, die Extre täten aber sind am kältesten, auch kälter und absterbend, w das Blut aus ihnen zurücktritt[2]. Woher aber das Blut s aufs Neue diese Wärme nehme, darüber sind die Meinun allezeit sehr verschieden gewesen. Hippokrates[3] und Ga nus[4] legten dem Herzen eine natürliche, angeborene Wä bei, welche sich von hier aus durch den ganzen Körper v breite. Ihnen folgte Cartesius[5], und noch kürzlich me Caldani[6], die Wärme werde angeboren, erbe von der Mu auf das Kind, und es sey daher bloſs ihre Erhaltung zu klären. Daſs solche Phantasieen keiner Widerlegung bedür versteht sich von selbst. Die besser unterrichteten Physiolo der spätern Zeit theilten sich in zwei Schulen, die mecha sche und die chemische, und beide suchten ihre Hypothesen vertheidigen.

204) Die *mechanische Schule* suchte die Ursache der th rischen Wärme in der Bewegung des Blutes und der Reib desselben an den Wandungen der Gefäfse. Anhänger ders

---

1 Aus Compte rendu 1836, T. I. p. 211 in Poggendorff's A XXXVIII. 479.

2 S. John Davy in Phil. Trans. 1814. P. II. p. 598.

3 De Diaeta L. I. Tract. de corde.

4 De usu partium L. VII. c. 9. 21. De Temperamentis. L. c. 8.

5 De Homine. p. 5. De formatione foetus. p. 197.

6 Mem. di matem. e di fisica T. XIII. p. 296. Die ältern A hänger einer angebornen Wärme, als Th. Bartholinus de flamm cordis 1667, Schelhammer de febres curandi methodo. 1698. S. II. 33 und Apinus in Fascic. Diss. acad. 1718. p. 14, übergehe ich i Stillschweigen.

Digitized by Google

ben waren unter andern Boerhave[1], Martine[2] und Van Swieten[3], welche ihre Meinung vorzüglich auf das Argument gründeten, dafs die Bewegung des Körpers die Wärme bedeutend vermehre und im Winter einziges Mittel zur Erhaltung derselben sey; sie werde ferner durch vermehrten Pulsschlag gröfser, sey daher im hohen Alter geringer, im mittleren wegen gröfserer Festigkeit der Gefäfse am gröfsten, und bei den kaltblütigen Thieren, ungeachtet der ungleich weiten Gefäfse, nahe gleich, weil sie im geraden Verhältnifs zur Geschwindigkeit der Bewegung und im umgekehrten der Weite der Gefäfse stehe.

Gegen diese Hypothese wurden verschiedene Einwendungen gemacht, indem man namentlich zeigte, dafs alle Arten Flüssigkeiten bei noch schnellerer Bewegung und ungleich stärkerer Reibung gar nicht erwärmt würden. Aufserdem ist die Wärme der Zahl der Pulsschläge keineswegs proportional, denn diese steigen leicht auf das Doppelte, ohne mefsbare Vermehrung jener, und praktische Aerzte[4] wollten bei Fiebern sogar Verminderung der Wärme bei Vermehrung der Pulsschläge gefunden haben. Hunter[5] findet einen gewichtigen Gegenbeweis in dem Umstande, dafs auch solche Thiere der Kälte widerstehn, in denen kein Kreislauf des Blutes statt findet. Dennoch suchte Robert Douglas[6] die Hypothese zu vertheidigen, indem er annahm, die Reibung finde hauptsächlich zwischen den Blutkügelchen statt und gäbe im Sommer geringere Wärme wegen der Erweiterung der Gefäfse durch äufsere höhere Temperatur. Brisson[7] zeigt hiergegen sehr gründlich, dafs die angenommene Zusammenziehung der Gefäfse im Winter durch Kälte und dadurch vermehrte Reibung keinen Sinn habe, weil die Gefäfse, im Winter wie im Sommer, stets wär-

---

1 Institut. rei med.

2 De animalibus simil. et de animalium calore Libb. II. Lond. 1750. 8.

3 Comment. in Boerhavii Aphor. P. II. §. 675.

4 A. R. Martis in Schwed. Abh. Th. XXVI. S. 209. Haen Ratio medendi. 15 T. ed. alt. Vind. 1760. 8. T. XI. p. 163.

5 Philos. Trans. T. LXV. P. II. n. 43.

6 Essay sur la génération de le chaleur des animaux. Trad. de l'Angl. Par. 1751. 8.

7 Dict. rais. de Phys. Art. Chaleur anim.

Digitized by Google

mer als die äufsere Temperatur seyen; auch führt v. Haller an, dafs die Gefäfse bei Fischen und Fröschen am engsten sin diese daher die gröfste Wärme haben müfsten, da noch obe drein die Zahl der Pulsschläge bei letzteren fast doppelt grofs ist, als bei Ochsen. Aus eben diesen Gründen ist au die von Fryer[2] aufgestellte Hypothese, wonach die thieris Wärme durch das Reiben der festen Bestandtheile des st bewegten Körpers erzeugt werden soll, ganz unhaltbar.

205) Die *chemische Schule* dagegen leitete früher thierische Wärme aus Gährungen und Effervescenzen ab, w che aus der Mischung der Säfte und des Blutes entstehen so ten. Dieser Ansicht waren Willis[3], Vieussens[4], Ettmüller[5], v. Helmont[6], Sylvius[7], Bazzicaluve[8], Stevenso und Andere[10]. Den unmittelbar sich aufdringenden Einw dafs man am Blute gar keine Gährung wahrnehme, suc Homberg[11] durch Erfahrungen zu widerlegen, welche bew sen, dafs das Aufbrausen mancher Mischungen erst beim Zut der Luft bemerkbar würden. Cromwell Mortimer[12] glaubt, Gährung entwickele Luft aus dem Blute und diese setze das Fe in Bewegung. Hamberger[13] kam indefs wieder auf Gährungen zurück, welche durch die Verbindung von schw felartigen und laugenartigen Theilen entstehen sollten und Wärmeentbindung in Taubenmist, feuchtem Heu und and

---

1 De partium corp. hum. fabrica et functionibus. Bernae et L 1778. 8. T. IV. L. VI. sect. 3. §. 8.

2 Diss. cogitationes quasd. phys. de vita anim. et veget. co plectens. L. B. 1785.

3 De fermentatione c. 5. De febribus cap. 2.

4 De remotis et proximis mixti principiis Cap. 15. 16.

5 Opera medica. 1696. p. 72.

6 Opera omn. 1682. p. 734.

7 Disput. med. Disp. X. §. 54.

8 Novum systema medico-mechanicum. 1701. 4. p. 12.

9 Medic. Bemerk. von einer Ges. zu Edinburg 1752. Th. V. 1099.

10 Vergl. Sprengel pragm. Gesch. d. Arzneikunde. Th. IV. A schn. 13.

11 Mém. de Paris. 1709.

12 Philos. Trans. N. 464. Ueb. in Hamb. Mag. Th. I. S. 291.

13 Physiologia medica. Jen. 1751. 4. p. 24.

Digitized by Google

Selbstzündern ähnlich seyen. Auch Rigby[1] nähert sich dieser Idee, indem er den Sitz der Gährungen hauptsächlich in der Gegend des Magens annimmt und somit die Ursache der Wärmeerzeugung auf die Mischung des Chylus mit dem Blute zurückführt. Selbst später noch kam Strnadt[2] auf diese alte Meinung von Gährungen und Effervescenzen zurück, als die Physiologen vollkommen überzeugt waren, dafs durch die Mischung der Säfte und des Blutes weder Gährung noch Fäulnifs entsteht, so dafs die ganze Hypothese daher keiner weiteren Widerlegung bedarf.

206) Stahl[3] will schon seit 1684 die Idee gehegt haben, dafs die Wärme durch die Respiration in den Lungen erzeugt werde, wofür die vollkommen ausgebildeten Lungen bei den warmblütigen Thieren, insbesondere den Vögeln, entscheiden. Eine Verdichtung des Blutes in den Lungen und dadurch entstehende Erwärmung hatten schon Boerhave, Hales, Arbuthnot u. A. angenommen, setzten aber der unmittelbaren Empfindung nach voraus, dafs die Luft dasselbe wieder abkühle. Ueber die eigentliche Art, wie durch Athmen Wärme erzeugt werde, war man nicht einig, indem nach Priestley[4] die ausgeathmete Luft unter die phlogistisirten gehören, mithin Phlogiston oder Brennstoff aus dem Körper ausführen, nach Scheele[5] die sogenannte reine Luft vielmehr Brennbares in den Körper bringen sollte. Leslie[6] mit mehreren Andern schlofs sich dieser Meinung an, mit der Modification, dafs das Phlogiston in allen feinen Blutgefäfsen ausgeschieden und dadurch Wärme erzeugt werde. Hierdurch entledige sich, wie man glaubte, der Körper der Menge des sonst zerstörend wirkenden Phlogistons, welches durch die Nahrungsmittel in denselben komme.

---

1 An Essay on the Theory of the production of animal Heat. Lond. 1785.

2 Mayer's Sammlung phys. Aufsätze, bes. die böhmische Naturgesch. betr. Dresd. 1791.

3 Theoria medica. p. 288.

4 Exper. and observ. on different kinds of air. T. I. sect. 4. T. II. sect. 5. Exper. and Observ. relating to various branches of nat. philos. Sect. XXXIX. N. 9.

5 Chem. Abhandl. von Luft u. Feuer. Ueb. von H. Leonhardi. Leipz. 1782. 8.

6 A philos. Inquiry into the cause of animal heat. Lond. and Edinb. 1778. 8. In Leipz. Samml. Th. II. S. 97.

Digitized by Google

207) Bei diesen herrschenden, sehr vagen Ansichten muf
Adair Crawford's[1] Theorie mit grofsem Beifalle aufgeno
men werden, und ihr Ansehen erhielt sich auch, einiger Ge
ner ungeachtet, sehr lange Zeit. Hiernach verbindet sich
den Lungen die reine Luft mit dem Phlogiston und es w
fast der sechste Theil derselben in Wasserdampf, das Uebr
in fixe Luft verwandelt. Es ist aber die specifische Wär
der reinen Luft = 4,75, des Wasserdampfes = 1,5, der fi
Luft = 1,05, wodurch also ein grofser Ueberschufs von Wä
dem Blute in den Lungen mitgetheilt werden mufs. Ind
das Blut diese aufnimmt und sich im Körper verbreitet, gi
es sie gegen Aufnahme des Phlogistons wieder ab, wie s
auch aus der specifischen Wärme des arteriellen und veni
Blutes = 57 zu 55 nach seinen Versuchen an Hunden bes
tigte. Die Beständigkeit der Blutwärme erklärte er mit La
lie übereinstimmend aus dem durch Verdunstung entstande
Verluste, nicht aber mit Blagden[2] aus einer Kälte erzeugen
animalischen Kraft.

208) Diese Theorie, obgleich sehr allgemein mit grof
Beifalle aufgenommen, wurde zugleich wechselseitig bestrit
Zuerst machte Morgan[3] Einwendungen gegen die angestell
Versuche zur Bestimmung der specifischen Wärme der versch
denen Luftarten, welche allerdings anfangs auffallend unrich
angegeben waren. Auch Eduard Fryer[4] zog die Richt
keit dieser Bestimmungen, welche Crawford selbst später
zu grofs erkannte, in Zweifel, hauptsächlich aber zeigte Tho
son[5] gegen Dalton[6], welcher diese Theorie abermals herv
gehoben hatte, dafs nach den Bestimmungen der spec. Wä
der Gase von Laroche und Berard sie ganz unhaltbar s
indem hiernach nicht so viel Wärme entstehen könne, als
fordert werde, um die geathmete Luft allein auf die Blutwä

---

1 Experiments and Observations on animal heat. Lond. 1779
sec. edit. 1788. Versuche u. Beob. über thierische Wärme und
Entzündung brennbarer Körper. Leipz. 1785. 2te verm. Aufl. auf V
anstaltung des v. Crell. Leipz. 1789. 8.

2 Philos. Trans. T. LXXI. P. II.

3 Crawford a. a. O. Deutsche Uebers. 1785. S. 175.

4 Dissert. de vita anim. et vegetantium. L. B. 1785. 8.

5 Ann. of Philosophy. T. I. p. 461.

6 Manchester Mem. 1813. T. II. p. 484.

Digitized by Google

zu erheben; Gren[1] aber gründete seine Zweifel darauf, dafs die Theile des Körpers, welche das Phlogiston aufnehmen, hierdurch in gleichem Grade an Wärmecapacität zunehmen müfsten, wonach also die ganze Wirkung durch sich selbst wieder aufgehoben würde. Er selbst leitete daher anfangs die animalische Wärme aus der Verdauung her, eine Theorie, welche unter Andern auch Eduard Rigby[2] aufstellte und mit einer Menge aus dem Zusammenhange der Verdauung mit der Erregung und Erhaltung der thierischen Wärme leicht auffindender Gründe unterstützte. Als Anhänger dieser Hypothese dürfen auch John Hunter[3] und Hermbstädt[4] genannt werden. Nach Letzterem zerlegen die Nahrungsmittel im Magen das Wasser, rauben ihm den Sauerstoff und machen dadurch Wärme frei. Man kann hiergegen indefs einfach erinnern, dafs es hiernach gar keine kaltblütigen Thiere geben könne, indem der Magen das allgemeinst vorhandene Organ in der Thierwelt ist. Auch Dr. Stevenson[5] hegte im Allgemeinen die Meinung, dafs die animalische Wärme aus der Verdauung entspringe, und der berühmte Franklin[6] sagte, das Wasser sowohl, als auch die Luft würden von den Pflanzen zu ihrem Wachsthum angezogen, verdichteten sich in ihnen und machten einen Theil ihrer Substanz aus. Bei der Verdauung und Assimilation ihrer Theile mit dem thierischen Körper, dem sie zur Ernährung gedient hätten, werde beides wieder frei und theile sich diesem mit. Der so nahe liegende Einwurf, welcher von den fleischfressenden Thieren hergenommen werden mufs, denen hiernach die aus den vegetabilischen Nahrungsmitteln hervorgehende Wärmequelle fehlen müfste, scheint hierbei übersehen oder dadurch beseitigt worden zu seyn, dafs man annahm, es finde im ganzen Körper der grasfressenden

---

1 Dessen Journ. der Phys. Th. I. S. 5 u. 189. Später trat derselbe der Theorie Lavoisier's bei. S. Syst. Handb. d. Chemie. 1794 fg. 4 Bde. 8. Th. II. §. 1674.

2 Essay on the production of animal heat cet. Lond. 1785. Lichtenberg's Mag. Th. IV. St. 4. S. 82.

3 A Treatise on the blood cet. Publ. by E. Home. Lond. 1794. 4.

4 Pleiek Hygrologie d. menschl. Körpers. Ueb. von Davidson. Herausg. von Hermbstädt. Berl. 1796. S. 40.

5 Edinburgh medical Essays. T. V. art. 77.

6 Exper. and Observations on Electricity. p. 346. Ed. X.

Thiere eine stete Wärmeerzeugung statt und gehe von d an die fleischfressenden über. Unbefriedigt läfst gleichfal Hypothese Castberg's[1], als deren Anhänger Skjelderup mit einiger Beschränkung auch Sprengel[3], Autenri und Reil[5] gelten können, wonach die Wärme aus den rungsmitteln durch ihre Verdickung im thierischen Körpe stehn soll, denn Treviranus[6], welcher diese Ansic Allgemeinen mit Recht bezweifelt, zeigt deutlich, dafs specieller Beziehung auf den Zustand der Auszehrung als aus unzulässig zu verwerfen sey. Ganz unbefriedigt läfs Mortimer's[7] Hypothese, wonach die stete Verbindung den thierischen Flüssigkeiten enthaltenen Phosphors m Luft die animalische Wärme frei machen soll. Ueberhaup sich leicht zeigen, dafs zwar der Verdauungs- und Ass tionsprocefs der Nahrungsmittel, als den Lebensprocefs in gemeinen unterstützend und befördernd, die Erzeugun normalen Wärme unzweifelhaft bedingt, jedoch nicht al zige oder erste Ursache und nur in einem untergeor Grade mitwirkend; denn beide Processe sind bei viele blütigen Thieren mindestens ebenso stark, als bei warm gen, z. B. bei den Larven der Schmetterlinge, welche s verdauen und dennoch kalt sind, wogegen die Schmetterlinge bei weniger Nahrung, eine gröfsere Wärme besitzen[8].

209) Unter den Gegnern Crawford's möge endlich Leop. Vacca Berlinghieri[9] genannt werden, welcher Rechnung zeigte, dafs der in der eingeathmeten Luft enth Wasserdampf vermöge seiner grofsen Wärmecapacität mehr Wärme erfordere, als die gröfsere specifische der Luft betrage, und zwar in einem solchen Mafse, dafs hi

---

1 Rafn's Biblioth. for Physik, Medicin og Oekonomie. T. p. 76.

2 Dissert. de vi frigoris incitante.

3 Instit. med. T. II. p. 121.

4 Handbuch d. Physiologie 1801. Th. I. S. 351.

6 Archiv für Physiol. Th. I. H. 3. S. 100.

6 Biologie. T. V. p. 57.

7 Philosophical Transact. N. 476.

8 Vergl. Rudolphi Physiologie Th. I. S. 191.

9 Esame della teoria del calore del cel. Inglese Crawfo Pisa 1787. 4.

Digitized by Google

vielmehr Kälte bis zum Gefrieren des Quecksilbers durch den Athmungsprocefs entstehn müsse. Allerdings ist unverkennbar, dafs Crawford's Theorie in dieser ältern Form zur Erklärung des fraglichen Problems nicht genügt, inzwischen darf nicht vergessen werden, dafs er der Erste war, welcher der herrschenden Ansicht zuwider aus dem Einathmen der Luft keine Abkühlung, sondern vielmehr eine Wärmeerzeugung ableitete. In der spätern Auflage seiner Schrift modificirte er seine Hypothese so, dafs sie sich mehr der antiphlogistischen Theorie anschlofs, indem er die Ursache der erzeugten Wärme in die eingeathmete reine Luft setzte, welche hierbei, wie beim Verbrennen und Verkalken, wirke und Phlogiston wegführe.

210) Lavoisier[1] erklärt den Ursprung der thierischen Wärme übereinstimmend mit der nach ihm benannten *antiphlogistischen Theorie*. Hiernach ist das Sauerstoffgas der atmosphärischen Luft die eigentliche Quelle der erzeugten Wärme, indem der Kohlenstoff in den Lungen durch dasselbe gebunden wird und also gleichsam verbrennt. Um diesen Satz durch Versuche zu prüfen, mafs er in Verbindung mit Laplace vermittelst seines Calorimeters die Wärme, welche ein Meerschweinchen während der Erzeugung von 224 Gr. kohlensauren Gases abgab, verglich sie mit der durch Verbrennung von Kohle bis zur Bildung einer gleichen Quantität Kohlensäure hervorgebrachten und fand, dafs jene 13 Unzen Eis, diese dagegen nur 10,4 schmolz. Man darf also mit Rücksicht auf die bedingenden Nebenumstände annehmen, dafs durch diese Versuche und die seitdem bestimmt ausgemittelten Gesetze der Verbrennung die Quelle der thierischen Wärme aufgefunden sey, insbesondere wenn man dasjenige berücksichtigt, was man über Wärmeerzeugung durch Chemismus beigebracht worden ist[2]. Als einen vorzüglichen Beweis für die Richtigkeit dieser Hypothese hat man oft die gröfsere Röthe des arteriellen Blutes in Vergleichung mit dem venösen angeführt, wodurch ein höherer Grad der Säuerung dargethan würde. Mit Uebergehung

---

1 Mém. de l'Acad. 1777. p. 590.

2 Vergl. Klügel's Encyklop. Th. II. S. 471. Gmelin in Journ. de Phys. 1790. Juin. p. 422. Ueb. in Gren's Journ. d. Phys. Th. III. S. 317 u. 507. Anfangsgründe der antiphlogistischen Chemie. Berl. 1792. S. 236 ff.

Digitized by Google

mancher früherer Behauptungen mag es genügen, die Result der genauen Untersuchungen John Davy's[1] über diesen G genstand hier zu erwähnen. Dieser fand erstlich keinen w sentlichen Unterschied der Wärme des Venen- und des Ar rienblutes, aufser was vom specif. Gewichte herrührt. Inz schen ist das Arterienblut etwas wärmer, und auch die li Seite des Herzens mehr als die rechte. Zweitens aber nim die Temperatur mit der Entfernung vom Herzen ab. Hier ist er mit Black der Ansicht, dafs die Wärme in den Lun erzeugt werde.

211) Diese im Wesentlichen genügende Theorie ist ihrer Bekanntwerdung mit verschiedenen bald mehr bald wen bedeutenden, mitunter ganz nichtigen Gründen bestritten wor Einige setzten ihr entgegen, dafs die Häute der Lungen Luft undurchdringlich seyen und das Sauerstoffgas daher nicht zum Blute gelangen könne. Inzwischen dringt di Gas bekanntlich selbst durch die dicksten Rindsblasen[2], un mehr also durch die dünnen Häutchen der Lungen. Es indefs eine ganz falsche Vorstellung, wenn man die Lun gleichsam als den Heerd der Verbrennung und die gesam entstehende Wärme als unmittelbares Product dieses Proce betrachtet. Vielmehr hat van Mons[3] gründlich gezeigt, das Sauerstoffgas zwar dem Blute in den Lungen mitgeth werde, die Zersetzung desselben aber in den feinern Gefä des ganzen Körpers geschehe[4]. Hiernach hält er die thieri Wärme für ein Product der Lebensthätigkeit und setzt dieser letztern allezeit proportional, welches mit der Ans G. F. Parrot's[5] übereinstimmt, dafs das Fieber ein wär erregender Procefs sey und die Temperatur auch wirklich höhe. Noch mehr modificirt und näher bestimmt ist diese A sicht durch Madai[6], Darwin[7] und vorzüglich Hildebran[8]

---

1 Philos. Trans. 1814. p. 590.

2 Vergl. *Adhäsion*. Bd. I. S. 200.

3 Théorie de la combustion. Brux. 1802. p. 77. Journ. de P T. LXVIII. p. 121.

4 Vergl. Brandis über die Lebenskraft. S. 74.

5 Ueber den Einfluss der Physik u. Chemie auf die Arzneiku Dorpat 1807. 4.

6 Reil Archiv für die Physiol. Th. III. S. 110.

7 Ebendaselbst. S. 26.

8 Lehrbuch d. Physiologie. 2te Aufl. §. 530.

Digitized by Google

nach welchem Letzteren insbesondere alle aus dem Blute gebildete festere Theile mehr Sauerstoff enthalten, als das Blut selbst, so dafs also hiernach durch alle feste Theile dem Blute Sauerstoff entzogen, seine Capacität dadurch vermindert und somit die Wärme vermehrt wird. Hiernach ist es unzulässig, die Menge der erzeugten Wärme nach Crawford und Suckow[1] blos auf die specifische Wärme des verzehrten Sauerstoffgases und der gebildeten Kohlensäure zurückzuführen. Nach Letzterem ist in Beziehung auf das Volumen die specifische Wärme des Sauerstoffgases = 4,749 und des kohlensauren Gases = 1,045, so dafs also bei der neuen Verbindung ein Ueberschufs von 0,704 bleiben würde, allein nach den genauern Bestimmungen von De la Roche und Berard[2] sind diese, das Volumen zusammen, = 0,9765 und 1,2583, so dafs also vielmehr Kälte entstehen müfste. Diese Betrachtungen haben auch verschiedene Gelehrte, z. B. Le Gallois[3], Buntzen[4], Nasse[5] und Andere bewogen, diese sonst gangbare Theorie zu bezweifeln; allein hierzu ist durchaus kein genügender Grund vorhanden, da oben nachgewiesen worden ist, dafs sich die durch Verbrennungsprocesse erzeugte Wärme nicht allezeit aus den specifischen Wärmecapacitäten der verzehrten Gase, namentlich des Sauerstoffgases, ableiten läfst, und dennoch ist auf keine Weite zu bezweifeln, dafs die freiwerdende Wärme ein Erzeugnifs der Verbrennung sey, letztere gehört aber ebenso gewifs unter die Processe der chemischen Verbindungen, deren viele, ja wohl die meisten, gleichfalls Wärme erzeugen. Sofern daher die Säuerung des Blutes durch das Athmen die auffallendste Aehnlichkeit mit einem langsamen Verbrennen hat, die Functionen des thierischen Lebens aber sich zum grofsen Theile auf Chemismus zurückführen lassen, so müssen wir um so mehr in der Bildung der Kohlensäure aus dem geathmeten Sauerstoffgas und den zum Chemismus gehörigen Functionen des thierischen Or-

---

1 Anfangsgründe der Physik u. Chemie nach den neuesten Entdeckungen. 2 Th. 8. Th. I. S. 365.

2 Journ. de Physique T. LXXVI. p. 155. Vergl. unten §. 386.

3 Le sang est-il identique dans touts les vaisseaux qu'il parcourt? Par. 1802. p. 44.

4 Beitrag zu einer künftigen Physiologie. Kopenhagen 1805. S. 40.

5 Reil's u. Autenrieth's Archiv. Th. XII. S. 409.

Digitized by Google

ganismus die Ursache der thierischen Wärme suchen, je m diese bei den verschiedenen Thierclassen, bei einzelnen In viduen und in verschiedenen Zuständen der Intensität di Processe proportional ist[1].

212) Im Allgemeinen wurde diese Theorie von den P siologen angenommen; inzwischen müssen wir noch einige M dificationen erwähnen, wodurch einige dieselbe verändert scheinbar oder wirklich verworfen haben. Gleichzeitig Lavoisier stellte Dr. Pearl[2] seine Theorie auf, wonach Phlogiston und ein gewisser Aether sich mit der fixen Ma auf vielfache Weise verbinden und dadurch sowohl Wä als auch Bewegung erzeugen sollen, wobei er annahm, das Phlogiston den Nerven, der Aether aber dem Blute an höre. Gehaltreicher, obgleich nichts weniger als genügend wegen der Darstellung in der Sprache der damals gangb sogenannten Naturphilosophie, ist die durch Buntzen[3] au stellte Hypothese. Nach ungenügenden Versuchen über Einfluss galvanischer Reize auf die Muskelbewegung und durch scheinbar entbundene Wärme will er den Ursprung letzteren aus einer erhöhten Thätigkeit der Muskelkraft in Animalien, verbunden mit gleichzeitiger Einwirkung galv scher Kräfte, ableiten, was aber im Ganzen auf ein Spiel eingebildeten elektrischen Wirkungen hinausläuft. Auch Dr Metherie[4] ist geneigt, der Muskelbewegung einen Anthei der Erzeugung der thierischen Wärme beizulegen, die er doch der Hauptsache nach auf einen Verbrennungsproces der Art zurückführt, dass sie durch die Verbindung des W serstoffs mit dem Sauerstoff erzeugt werde, wie denn auch b gewöhnlichen Verbrennen die erzeugte Hitze aus dem Was stoff entstehe, welcher nach den Versuchen von De la Ro und Berard eine so grosse specifische Wärmecapacität h

---

1 Vergl. Rudolphi Physiologie Th. I. S. 189. De la chaleur male et de ses divers rapports. Par F. Josse de Rennes. Par. an 8. Everard Home über die Structur d. Lungen in Philos. Trans. 1 p. 60.

2 The generation of animal Heat investigated. Gainsbo 1788. 8.

4 Beitrag zu einer künftigen Physiologie. Kopenh. 1805. 8. V G. XXV. 147.

4 Journ. de Phys. LXVI. p. 142 u. 278.

Digitized by Google

Inzwischen ist die Erzeugung von Wasser im thierischen Kör-
per durch einen Verbrennungsproceſs dieser Art gar nicht nach-
weisbar und bei einer grofsen Menge von Verbrennungen
Wasserstoff gar nicht vorhanden. Mit Uebergehung der Hy-
pothesen von De la Rive und Chossat[1] mögen noch die
Ansichten Matteucci's[2] erwähnt werden. Dieser verwirft die
Hypothese De la Rive's, wonach die Wärmeentwickelung in
den Nerven auf gleiche Art geschehn soll, als im Rheophore,
weil eine hierzu genügende elektrische Strömung in den Ner-
ven gar nicht vorhanden sey; auch genügt ihm nicht, dafs
Chossat die Erzeugung der thierischen Wärme von der Ner-
venthätigkeit ableitet. Um durch Versuche zu entscheiden,
hatte er ein feines Thermometer in den Schenkelmuskel eines
Kaninchens, nachdem er die dahin führenden Arterien und Ve-
nen unterbunden hatte, ohne Unterbrechung der Nerven. Bei
15° äuſserer Temperatur zeigte das Thermometer 36°,3, ging
aber in einer halben Stunde auf 25° herab. In Folge eines
in verschiedenen Richtungen durchgeleiteten elektrischen Stro-
mes zeigten sich Muskelcontractionen, aber die Temperatur
stieg dennoch bis etwa 1° über die der Umgebung. Bei einem
andern Kaninchen durchschnitt er den Crural- und Ischiati-
schen Nerv, liefs aber den Blutumlauf frei, worauf das Ther-
mometer binnen 15 Minuten nur um 1° herabging und dann
unverändert blieb. Hiernach schliefst er die Mitwirkung der
Nerven aus, leitet dagegen die Wärme aus dem Blute ab, be-
ruft sich dabei aber auf Pouillet's erwähnte Erfahrungen
(§. 118), wonach durch Benetzung lockerer Substanzen Wärme
entwickelt wird. Er selbst pulverisirte animalische Theile, fand diese
Erfahrungen bestätigt, und glaubte daher, dafs die thierische
Wärme durch die im ganzen Körper vorgehende Nutrition als
ein physikalischer und chemischer Proceſs erzeugt werde,
was schon deswegen in diesem Sinne unmöglich ist, weil die
sie verbindenden Theile nicht trocken sind.

213) Grofses Aufsehn machte seiner Zeit eine Reihe von
Untersuchungen, wozu hauptsächlich Brodie Veranlassung gab.

1) *Biblioth. univ. T. XV. p. 37.*

2) *Quetelet Corresp. math. et phys. T. VIII. p. 223. Vergl. L'Institut 1834. N. 69.*

Schon früher hatten Brandis[1] und Roose[2] die Entstehung d thierischen Wärme auf die Nerventhätigkeit zurückzuführ gesucht, und noch bestimmter geschah dieses durch B. C. Br die[3]. Dieser fand, dafs bei einem Kaninchen nach getrennt Nerven bei künstlich unterhaltener Respiration keine Wär entbunden werde, und er betrachtete sonach die Nerven alleinige Ursache der thierischen Wärme, ohne jedoch den Z sammenhang zwischen Ursache und Wirkung nachzuweis Er selbst und seine Anhänger übersahn hierbei die so n vor Augen liegende Täuschung, dafs nämlich der Procefs Respiration mit der Wirkung derselben, nämlich der Wärmeerz gung, verwechselt worden sey, und dafs die letztere unmögli eine Folge des mechanischen Ein- und Ausströmens der L seyn könne, sondern des Chemismus der verschiedenen V bindungen und Zersetzungen, welche zugleich damit verbun seyn müssen. Wäre dieses nicht, so müfste auch Wärme einem todten Thiere erregt werden, wenn man durch Co pression abwechselnd Luft in seine Lungen prefste und wie herausdrückte. Dafs übrigens ein Causalzusammenhang zw schen der Respiration und dem Gehirn statt finde, wufste n schon lange, namentlich durch Blumenbach[4].

214) Inzwischen wurde von mehreren Seiten wiederh dafs die Respiration vom Gehirne abhänge, mit der mehr o weniger bestimmten Andeutung, dafs sonach auch die thie sche Wärme ein Product der Nerventhätigkeit sey[5]. Sofern sich blofs um die Bewegung handelt, welche den Athmung procefs bedingt, zeigt eine lange und schöne Reihe von V suchen, die Le Gallois[6] anstellte, evident, dafs das Athm eine Wirkung der Nerventhätigkeit sey, und dafs mit d Aufhören der letzteren auch die Wärme abnehme, welches den Resultaten anderer, durch Dupuytren, Blainville u

---

1 Journ. d. Erfindungen u. s. w. in Natur- und Arzneiw. St. S. 8.

2 Ueber die Lebenskraft. S. 359.

3 Philos. Trans. 1810. p. 36. 1812. P. II. G. LXVI. 80.

4 Comm. Soc. Reg. Gott. T. VIII. Vergl. dessen Institutio physiol. Gott. 1787. ed. 3. ib. 1810.

5 Die Respiration, als vom Gehirn abhängige Bewegung u. s. von Bartels. Bresl. 1813.

6 Expériences sur le principe de la Vie. p. 248.

Digitized by Google

Dulas angestellter Versuche[1] genau übereinstimmt. Sehr richtig zeigt aber Emmert[2], dafs Brodie das Haupterfordernifs, nämlich eine Untersuchung der chemischen Veränderung der künstlich geathmeten Luftarten, gänzlich vernachlässigt habe; da er selbst will gefunden haben, dafs sogar nach dem Tode durch künstliche Respiration noch einige Wärme erzeugt werde, wenn noch eine geringe Zersetzung der geathmeten Luft statt finde. Mehrere Gelehrte machten bei ihren Untersuchungen über das Athmen auf die Menge der erzeugten Kohlensäure und die hieraus hervorgehende unverkennbare Aehnlichkeit des Athmungsprocesses mit einem wirklichen Verbrennen aufmerksam, z. B. Thomson[3], Prout[4] und Andere. Indem dann ferner Provençal[5] zeigte, wie die Wärme bei verminderter Respiration abnimmt, und John Davy aus seinen oben erwähnten Versuchen folgerte, dafs die Wärme zunächst in den Lungen erzeugt und von hier aus durch den ganzen Körper verbreitet werde, so mufste Lavoisier's Theorie gehörig modificirt durch dieses alles sehr an Ansehn gewinnen. Am gelegendsten und vollständigsten ist indefs die ganze Aufgabe erörtert worden durch eine Reihe ebenso zweckmäfsiger als genauer Versuche von Le Gallois[6], woraus sich ergiebt, dafs die erzeugte Wärme allezeit der Menge des verzehrten Sauerstoffgases proportional ist, welche mit der gröfsern oder geringern Munterkeit, dem Wohlseyn und überhaupt der Lebensthätigkeit der Thiere in verschiedenen Zeiten wechselt und im Allgemeinen mit der Gröfse derselben in einem nahen Verhältnisse steht, ohne dem Gewichte genau proportional zu seyn. Sonach läfst sich die thierische Wärme allerdings als eine Wirkung der Respiration betrachten und gehört unter die Classe der Verbrennungen, modificirt durch die Eigenthümlichkeiten des Lebensprocesses. Dafs dabei die Nerventhätigkeit, welche auf den ganzen Organismus und die Respiration selbst einen so grofsen Einfluss hat, bedingend einwirke, dafs auch nachtheilige Ner-

1 Mém. de l'Inst. T. XII. LXXX.
2 Hufeland und Harles Journ. d. prakt. Heilkunde 1815. St. 3. S. 55.
3 Annals of Philos. 1815. Jun. N. XXX. art. 4.
4 Schweigger's Journ. Th. XV. S. 56.
5 Mém. de l'Institit. T. X. p. 86
6 Ann. de Chim. et Phys. T. IV. p. 1.

Digitized by Google

venaffectionen die Wärme herabstimmen können, ist nicht z bezweifeln; als einzige und unmittelbare Wirkung der Nerve kann aber die Erzeugung der thierischen Wärme schon des wegen nicht betrachtet werden, weil kein Verhältnifs des Ner vensystems zur Wärme vorhanden ist. Hiernach müfste näm lich der Mensch die gröfste Wärme haben, die Säugethie müfsten den Vögeln voranstehn, und diese sich wenig von d Amphibien unterscheiden, die Insecten endlich tief unter d Fischen stehn, alles der Erfahrung widerstreitend[1]. Dennoc wird diese Ansicht noch von einigen Physiologen in Schu genommen, indem sie entweder die Nerventhätigkeit unbestimm als unmittelbare Ursache der thierischen Wärme darstellen, od sie als eine mittelbare betrachten, wie z. B. P. Wilson Phi lip[2], nach dessen Meinung die Wärme durch den Einfluss d Nerven auf das Blut entsteht und nach der Analogie ander Absonderungen von Flüssigkeiten gleichfalls als eine Absond rung erscheint.

215) Einen nicht unwichtigen Beitrag zur Bestätigung v Lavoisier's Hypothese haben Dulong und Petit geliefert Durch Versuche mit einem Calorimeter fanden sie: 1) dafs d pflanzenfressenden Thiere viele Kohlensäure erzeugen, welc beinahe der Menge des verzehrten Sauerstoffgases gleich ist. Fleischfressende Thiere verzehren weit mehr Sauerstoffgas, d erzeugte Kohlensäure beträgt aber nur etwa die Hälfte des ve zehrten Sauerstoffgases. 3) Bei diesem letzteren beträgt die dur verzehrtes Sauerstoffgas und erzeugte Kohlensäure entbunde Wärme, wenn wir sie als blofses Product der Verbrennu betrachten, 40, 49 und 55 Procent der gesammten animal schen Wärme, 4) bei den pflanzenfressenden Thieren aber bis 75 Procent. 5) Wenn man nach Lavoisier und Lapla die durch Wasserbildung erzeugte Wärme zu der durch Koh lensäurebildung hervorgebrachten addirt, so erhält man d Summe der durch Athmung erzeugten, die bei den Herbivor

---

1 Rudolphi Physiologie. Th. I. S. 189. Treviranus Biologie. T V. S. 1. John Davy in Edinburgh Philos. Journ. N. XXVII. p. 45.

2 Eine auf Versuche gegründete Untersuchung über die Gesetz und Functionen d. Lebens u. s. w. Aus d. Franz. von Southeime Stuttg. 1822. 8. Cap. 8.

3 Schweigger's Journ. Th. XXXVIII. S. 505. Th. XLV. S. 47.

Digitized by Google

70 bis 75 Procent, bei den Carnivoren 75 bis 80 Procent der gesammten thierischen Wärme beträgt; der Rest mufs also durch sonstige organische Processe entwickelt werden.

216) Noch mufs zum Beschlusse die Preisschrift erwähnt werden, worin Despretz[1] diesen Gegenstand ausführlich behandelt hat und wofür er 1823 den Preis vom Nationalinstitute erhielt. Seine eigenen Bestimmungen der mittleren Temperatur der verschiedenen Animalien sind von keinem vorzüglichen Werthe und scheinen insgesammt etwas hoch, namentlich auch die des Hundes, wie oben bereits bemerkt wurde. Um der Vollständigkeit wegen mögen daher einige hier Platz finden,

	Mittlere Temperatur:
der Menschen zwischen 30 bis 68 Jahren	37°,13
— — von 18 Jahren	36,99
der Kinder von 1 bis 2 Tagen	35,06
erwachsene Raben	42,91
vier Nachteulen	40,91
Kauz, Männchen und Weibchen . . .	41,47
Tauben	42,98
Sperling	41,96
Katze	39,78
Meerschweinchen	35,76
zwei Karpfen im Wasser von 10°,83 .	11,69

Zu genaueren Erörterung der Aufgabe wählte er das schon von Lavoisier und Laplace angewandte Mittel, die durch Thiere und durch verbrennende Kohlen bei gleicher Production von Kohlensäure erzeugten Wärmemengen zu vergleichen, wobei er sich des Wassercalorimeters bediente. Der zu verbrennende Kohlenstoff wurde aus verkohltem, ganz weifsem Zucker gewonnen und enthielt durchaus keinen Wasserstoff. Aus mehr als 200 Versuchen ging das Resultat hervor, dafs die Respiration und die Erzeugung der Kohlensäure durch Absorption des Sauerstoffgases der Luft die hauptsächlichste Quelle der thierischen Wärme ist, indem die Assimilation, die Bewegung des Blutes und die Reibung der verschiedenen Theile (?) den geringfügigen zurückbleibenden Rest ersetzen können. Es wird

[1] Ann. de Chim. et Phys. T. XXVI. p. 337.

indefs anfser dem zur Bildung der Kohlensäure dienen Sauerstoffgas noch eine Quantität desselben verzehrt, mitu eine nicht unbedeutende im Verhältnifs zur erstern, wo man glaubt, sie verbinde sich mit dem Wasserstoff des Blu Die durch die Respiration als Verbrennungsprocefs betrach Wärmeproduction betrug nie weniger als 0,7 der gesamm thierischen Wärme und dieses nur bei jungen Individuen, überstieg aber nie 0,9 derselben.

217) Fassen wir das Ganze zusammen, so ergiebt s dafs die richtige Theorie über die Erzeugung der thieris Wärme von Crawford geahnet, durch Lavoisier und L place begründet, durch Dulong und Petit, so wie du Despretz und Andere nur bestätigt und etwas erweitert wu indem sie zeigten, dafs der in den Lungen statt findende V brennungsprocefs nicht die einzige Ursache sey, sondern d die im ganzen Körper statt findenden Assimilationsprocesse s gleich als mitwirkend erscheinen müssen. Aus dem Umstan dafs nicht übereinstimmend mit sonstigen Verbrennungsproc sen die durch den animalischen erzeugte Wärme eine st constante und nur unbedeutend wechselnde Gröfse ist, ka kein Einwurf gegen die Richtigkeit der Theorie hergenomm werden, denn dieses ist Folge des feinern Lebensprocesses, w um so weniger zweifelhaft seyn kann, als sich in viel Stücken nachweisen läfst; inwiefern die gesteigerte oder dep mirte Lebensthätigkeit die Wärmeproduction modificirt, wo ber wir hier aber nicht ausführlicher handeln können[1].

5) Wärmeerzeugung durch Elektricität.

Da die Elektricität in einen hell leuchtenden Funken au bricht, in feurigen Strahlen aus dem Conductor strömt, ve schiedene Körper durch den einfachen Funken entzündet u durch den Flaschenschlag Metall verbrennt, so war es natürlic dafs man ihr eine wärmeerregende Kraft beilegte. Inzwisch sind die Phänomene, welche sie zeigt, keineswegs so einfac als man hiernach vermuthen sollte, denn unter andern verm

1 Eine schätzbare Zusammenstellung der meisten bis dahin kannten Thatsachen ist enthalten in: De calore animali cet. a Leo. Raphaelowicz Gruenberg. 1820. 4.

Digitized by Google

ein Batteriefunken, welcher die strengflüssigsten Metalle sofort in Dampf verwandelt, weder Zündschwamm noch Schiefspulver zu entzünden. Es ist daher in Beziehung auf die Theorie der Wärme von grofser Wichtigkeit, die Thatsachen zuvor genau zu erörtern[1].

218) In Gemäfsheit der angegebenen, bei der allmälig fortschreitenden Bearbeitung der Elektricitätslehre sehr bald bekannt gewordenen Thatsachen war man geneigt, das elektrische Fluidum als an sich erwärmend zu betrachten, und dieses mag den neuesten Erfahrungen zufolge auch allerdings wohl der Fall seyn, wenn gleich in manchen Fällen die Masse, welcher Elektricität mitgetheilt wird, so grofs und die erregende Wärme so gering ist, dafs man sie thermoskopisch wahrzunehmen nicht vermag. Letzteres ist namentlich der Fall bei elektrisirten Personen, an denen man nach den Versuchen von Van Marum[2] keine Erhöhung der Temperatur wahrnimmt. Einen richtigen Beitrag zur Entscheidung dieser Frage lieferten die Versuche mit Kinnersley's *Lufthermometer*[3], aus denen man folgerte, dafs die Elektricität nicht allgemein, sondern nur neue Wärme errege, wenn sie Widerstand findet. Zu bewundern ist indefs, dafs man auf diese, mit so grofser Sorgfalt angestellten Versuche so wenig geachtet hat, denn sie verdienen nochmals mit der ganzen, gegenwärtig üblichen Genauigkeit wiederholt zu werden, um auszumitteln, ob wirklich in vollkommen genügender Leitung der Elektricität keine Wärme durch sie entbunden wird. Gewifs ist, dafs weder ein Lufthermometer noch ein Quecksilberthermometer, deren Kugeln einen elektrischen Conductor berühren, eine Erhöhung der Temperatur zeigen, auch selbst ein Quecksilberthermometer, in dessen Kugel ein Stahlstift eingeschmolzen ist, und ein anderes, in dessen Kugel zwei einander gegenüber stehende Platin-

---

1 Da es hier nicht darauf abgesehn ist, alle zur Wärmeerregung durch Elektricität gehörigen Phänomene vollständig mitzutheilen, so verweise ich auf Fechner in: Lehrbuch d. Experimentalphysik. Leipz. 1828. Th. II. S. 266 über die Erhitzung durch Reibungselektricität und Th. III. S. 304 über Wärmeerscheinungen der Kette, wo die Thatsachen sehr vollständig zu finden sind.

2 G. I. 88.

3 S. Art. *Lufthermometer*. Bd. VI. S. 620. Philos. Trans. 1763. p. 84.

drähte eingeschmolzen sind, zeigen ersteres beim Eindr der Elektricität aus einem geladenen Conductor, letzteres Durchströmen der Elektricität aus demselben die mindeste höhung der Wärme, was jedoch die Folge der Schwäch elektrischen Stromes und der ungenügenden Empfindlichke Thermometer seyn mag. Dennoch entzündet ein kleiner trischer Funke das Knallgas, wie die *elektrische Lampe*[1] die *elektrische Pistole*[2] zeigen. Durch einen Funken au ner Flasche von nur etwas mehr als einem Quadratfufs gung läfst sich Hexenmehl oder Kolophoniumpulver im nannten *Donnerhaus*[3] entzünden; Aether, Alkohol und pentinspiritus, die beiden letztern nach Erwärmung, ge durch einen in sie schlagenden oder aus ihnen gezogenen fachen Funken in Brand; legt man auf einen elektrischen ductor einige Brocken Kampher und entzündet diese, so eine genäherte Spitze durch den erregten Wind die Fl aus, der elektrische Funke aber aus einer genäherten k Kugel bringt sie wieder hervor; ein Stückchen Phosphor lich, an einer Kugel klebend und dem ersten Conducto nähert, entzündet sich augenblicklich. Am interessant unter den bekannten Versuchen ist, dafs der stärkste Flas funke, durch Schiefspulver geleitet, dasselbe zerstreuet, n nur dann entzündet, wenn die vollständige Leitung durc nen nassen Bindfaden oder eine mit Wasser gefüllte Glas die man in den leitenden Draht einschaltet, gehemmt wie nicht minder, dafs die Spitze eines abgerissenen Stück Schwamm, die man auch mit den Fingern etwas zusam drehn kann, sich entzündet, wenn man sie dem Knopfe schwach geladenen Batterie oder selbst der Hand und der Zunge einer mit der innern Belegung der Batterie ver denen isolirten Person nähert, wobei letztere an der zünd Stelle keine merkliche Hitze empfindet. Nehmen wir hierz Verbrennen der Metalle durch den Batteriefunken, das Erg der Metalldrähte im Kreise mächtiger Calorimotoren[4], das

---

1 S. Art. *Lampe*, *elektr.* Bd. VI. S. 75.

2 S. Art. *Pistole*, *elektr.* Bd. VII. S. 573.

3 S. Art. *Donnerhaus.* Bd. II. S. 578.

4 Ueber die Anwendung dieses Mittels zur Entzündung Schiefspulvers in Minen oder beim Steinsprengen s. Sixth Repo the British Association. Lond. 1837. p. 45.

Digitized by Google

brennen der Metalle und namentlich des Quecksilbers im hydroelektrischen, thermoelektrischen und magnetoelektrischen Strome, so läfst sich die Wärmeerzeugung durch die elektrischen Ströme jeder Art, wenn sie von hinlänglicher Stärke sind, gar nicht bezweifeln, und die Frage ist nur, ob allezeit eine dem elektrischen Strome proportionale Wärme auch dann erzeugt wird, wenn eine hinlängliche Leitung vorhanden ist.

219) Zuerst scheint es allerdings, als ob der Widerstand gegen die freie elektrische Strömung ihre Wärmeerregung verstärke; denn wenn man mit dem einen Platindrahte des eben genannten Thermometers den Conductor einer Maschine, die etwa 4zollige Funken giebt, berührt und dem andern Platindrahte einen metallenen Leiter auf eine halbe bis 2 Lin. nähert, so bewirkt das anhaltende Durchströmen der Elektricität kein merkliches Steigen des Quecksilbers, Adams[1] dagegen der Nairne[2] hielt ein blofses Thermometer in den elektrischen Strom zwischen zwei hölzerne Kugeln und sah dadurch das Thermometer von 18°,33 bis 43°,33 steigen, und Van Marum[3] sogar von 7°,22 bis 66°,66 C. Inzwischen gilt dieser Satz nicht in der Ausdehnung, dafs die Erwärmung der Gröfse des Widerstandes direct proportional zu nehmen wäre, wie schon daraus von selbst hervorgeht, dafs der Leitungswiderstand die Menge der durchströmenden Elektricität vermindert und somit also die wirkende Ursache kleiner macht. Die neueren, mit gehöriger Umsicht angestellten Versuche haben auch über dieses Problem des gehörige Licht verbreitet. Aus diesen geht hervor, dafs mächtige elektrische Ströme, durch grofse Galorimotoren erzeugt, eine Hitze geben, welche der des Knallgasgebläses nahe kommt[4]. Wärmeerregung durch starke Ströme der Reibungs- und Hydroelektricität war also schon seit langer Zeit als unbestreitbare Thatsache anerkannt worden; dafs der magnetoelektrische Strom die nämliche Wirkung äufsere, beweisen die Funken der verbrennenden Metalle, die man durch denselben erhält, noch auffallender und unbestreitbarer

1 Essay on *Electricity*. 2d. ed. Lond. 1785. p. 384.
2 Ann. of *Philos*. T. XX. p. 336.
3 Gren's *neues Journ*. d. Phys. Th. III. S. 7.
4 *Vergl. G. LV.* 118.

aber entscheidet hierfür das fortwährende Glühen eines feine Platindrahts, welcher in den Rheophor dieses Stromes einge schaltet ist, nach v. Ettingshausen[1]. Vom thermoelektri schen Strome läfst sich das Nämliche aus dem Funken de verbrennenden Quecksilbers beim Oeffnen der Kette folgen allein dagegen würde die Einwendung gelten, dafs diese Wi kung nicht vom ursprünglichen thermoelektrischen, sondern vo Inductionsstrome herrühre. Inwischen hat Watkins[2] vermit telst eines Breguet'schen Metallthermometers und eines nac Harris's Angabe verfertigten Luftthermometers neuerdings ge funden, dafs auch der Leitungsdraht einer thermoelektrische Säule von hinlänglicher Stärke unverkennbar Wärme entbin det[3]. Somit wäre also erwiesen, dafs alle elektrische Strö die Kraft besitzen, Wärme zu entbinden, und wenn diese b manchen älteren Versuchen nicht wahrgenommen wurde, so l die Ursache in ihrer geringen Menge und der Unvollkommen heit der angewandten Thermoskope. Sofern aber genügend e wiesen worden ist, dafs alle elektrische Ströme, welches Ur sprungs sie auch seyn mögen, einiger Modificationen ungeach tet dem Wesen nach identisch sind, so reducirt sich die Auf gabe darauf, die Bedingungen aufzufinden, durch welche un unter welchen Wärme durch elektrische Ströme entbund wird, und die bei einer Art der elektrischen Strömung au gefundenen Gesetze werden dann auf alle gleichmäfsig anwend bar seyn.

220) Verschiedene lehrreiche Versuche über die Wärme erregung durch den elektrischen Strom einer Volta'schen Säu hat De la Rive[4] bekannt gemacht. Hierbei fand er das sch durch H. Davy mit Children's Apparate erhaltene Result

---

1 Bericht über die Versammlung deutscher Naturforscher u. Aerz in Prag 1837. S. 233.

2 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. LXXXVI. p. 81. Poggendorf Ann. XLVI. 496.

3 Die Anwendung eines solchen Metallthermometers für diesen Zweck ist nicht geeignet, weil die Elektricität aufser dem erwärmen den noch einen andern Einfluss auf das Volumen der durchströmte Metalle ausübt. §. 227. Nach v. Marum verkürzte sich ein 18 Z. lan ger Draht durch einen elektr. Schlag um 0,25 Z. Aehnliche Resultat erhielt Nairne. S. Lichtenberg Mag. Th. I. St. 2. S. 22.

4 Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. Nat. de Genève T. II p. 128.

Digitized by Google

bestätigt, dafs gleiche elektrische Ströme in gleich dicken und gleich langen Drähten um so mehr Wärme erregen, je besser diese leiten, und dafs z. B. in einem aus Stücken von Silber und Platin zusammengesetzten Drahte blofs das Platin und nicht das Silber erglüht, dafs ferner bei Schwächung des Stromes zuweilen nur die Enden des Platins und bei einer Kette aus gleichen Drahtstücken nur die Stellen der Einhängung überhaupt oder stärker erglühn. Nach Peltier[1] steht die Länge des erglühenden oder erhitzten Drahtes im hydroelektrischen Strome mit seiner magnetischen Kraft und also mit der Intensität der fortgeleiteten Elektricität im genauesten Zusammenhange der Art, dafs ein Draht von gegebener Dicke und Länge, welcher eine Ablenkung der Thermometernadel von 20° bewirkt und eine Temperaturerhöhung von 10° erhalten hat, bei mehrern Metern Länge gleichfalls 10° Wärme annehmen wird, sobald der Strom so weit verstärkt ist, dafs die Ablenkung der Magnetnadel wieder 20° beträgt. Bei gleicher Intensität des elektrischen Stromes erhält also ein Draht in seiner ganzen Länge dieselbe Temperaturerhöhung, wie grofs auch seine Länge bei unveränderter Dicke seyn mag, selbst auch wenn seine Enden in eine kalte Flüssigkeit getaucht sind. Ein anderes Resultat, wonach die Temperatur eines gegebenen Drahtes, mittelst der Löthstelle eines thermoelektrischen Thermometers gemessen, im dreifachen Verhältnifs steigt, wenn die Ablenkung der Magnetnadel um das Doppelte der Grade wächst, schien ihm mit der Wirkung sonstiger Wärmequellen nicht übereinzustimmen; er wiederholte daher diese Versuche[2], fand aber dasselbe bestätigt. Hiernach ist es daher als ausgemacht anzusehn, dafs die magnetoelektrischen, thermoelektrischen und hydroelektrischen Ströme eine ihrer Intensität nach einem gewissen, hierfür wohl noch nicht völlig ausgemachten Gesetze proportionale Wärme erregen.

221) In Beziehung auf den Strom aus einer Leidener Flasche ist die vorliegende Frage durch eine lange Reihe schätzbarer Versuche sehr gründlich und vollständig beantwortet worden, und es wird erlaubt seyn, aus den angegebenen Gründen die

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LVI. p. 371. Poggendorff's Ann. XLIII. 334.

2 S. Ann. de Chim. et Phys. T. LXXI. p. 301.

hierdurch gefundenen Gesetze auch auf die andern Ströme a zuwenden. Zuerst hat Ohm[1] aus dem von ihm aufgefund nen Gesetze der elektrischen Strömungen einen allgemein Ausdruck für das Gesetz des Erglühens der Rheophore abg leitet. Unter der Voraussetzung, dafs die Intensität des E glühens eines in der elektrischen Kette befindlichen Leiters d Intensität des ihn durchlaufenden Stromes direct proportio ist, aufserdem aber durch die Natur dieses Leiters bedingt wi erhält man

$$G = \frac{I}{x},$$

worin G die Stärke des Erglühns, I die Intensität des elekt schen Stromes und x den Glühungscoefficienten ausdrü welcher dem Leitungsvermögen, und sofern dieses das E glühn hindert, der Glühkraft umgekehrt proportional ist. kann aber

$$I = \frac{A}{(L+\mathcal{A})\omega}$$

gesetzt werden, wenn A die elektromotorische Kraft des A parates, L den Leitungswiderstand des nicht erglühenden, aber den des erglühenden Theiles und ω den Querschnitt zeichnet. Wird dann endlich der Leitungswiderstand des glühenden Theiles $\mathcal{A} = \frac{l}{k\omega}$ ausgedrückt, worin k das L tungsvermögen und l die Länge bezeichnet, so erhält durch Substitution die von Ohm gegebene Formel

$$G = \frac{A}{\left(L\omega + \frac{l}{k}\right)x},$$

deren Coefficienten k und x, obgleich von einander abhäng dennoch vielseitig bedingt, durch Versuche für die einzeln Körper auszumitteln sind.

Insbesondere hat Riess in mehreren gediegenen Abhan lungen die Resultate seiner schätzbaren Versuche über die wärmende Kraft der Flaschenschläge bekannt gemacht. Z Messen der Temperatur bediente er sich eines *Luftther*

1 Kastner's Archiv. Th. XVI. S. I. Fechner's Repert. Th. S. 466.

Digitized by Google

meters[1], welches dem von Harris[2] für ähnliche Zwecke angewandten ähnlich war; sofern aber dasselbe nach den jedesmaligen Zwecken verschieden modificirt werden kann, wird eine allgemeine Beschreibung genügen[3]. Eine fast 3 Z. weite Fig. 45.
Glaskugel war an zwei einander diametral gegenüberstehenden Stellen durchbohrt und mit messingnen Hülsen a a′ versehn, um die jedesmal in Anwendung zu bringenden Drähte durch die Kugel zu führen, anzuspannen und die Kugel mittelst Hülsen wieder luftdicht zu verschliefsen. An einer dritten, mit den beiden genannten in einem gröfsten Kreise liegenden, 90° von ihnen abstehenden Stelle war die Kugel gleichfalls durchbohrt und mit einer Fassung versehn, die durch einen genau eingeschliffenen Stöpsel b schnell verschlossen und geöffnet werden konnte. Unten endete die Kugel in eine mehrere Zoll lange, 0,45 Lin. weite Glasröhre, deren anderes Ende mit einem aufgebogenen weitern Gefäfse c versehn war, um irgend eine, die Luft absperrende, Flüssigkeit hineinzubringen. Die Röhre nebst der Kugel ruht auf einem Brete mit einer Scale, um aus der Ausdehnung der Luft die erzeugte Wärme zu messen, wobei man die Vorrichtung so trifft, dafs das Bret mit der Scale um einige Grade gegen den Horizont geneigt werden kann. Es versteht sich von selbst, dafs die vermittelst dieses Apparates gefundenen Werthe gehörig corrigirt werden müssen, was in der Abhandlung genügend erörtert worden ist, und da es hier nicht darauf ankommt, die erhaltenen Resultate vielseitig zu würdigen, so genügt es, nur die Hauptsachen anzugeben. Für die Erwärmung eines Platindrahtes, durch welchen ein Flaschenfunke geleitet wurde, ist wichtig zu bemerken, dafs gar keine Erwärmung statt fand, wenn der Leitungsbogen durch einen kleinen Cylinder von feuchtem Holze unterbrochen wurde, im entgegengesetzten Falle aber war bei Drähten von gleicher Dicke die erzeugte Wärme dem Producte der Quantität in die Dichtigkeit der angehäuften Elektricität proportional, bei Drähten von gleicher Länge und ungleicher

1 Beschrieben und durch Zeichnung versinnlicht in Dove's Repertorium der Physik. Th. II. S. 98. Fig. 8 u. 9. Vergl. Poggendorff's Ann. XLIII. 49.

2 Philos. Trans. 1834. p. 225.

3 Poggendorff's Ann. XL. 335 ff. Dove's Repertorium. Th. II. S. 55.

Dicke aber verhielten sich die Temperaturerhöhungen bei gl
chen elektrischen Entladungen umgekehrt wie die Biquad
ihrer Halbmesser oder waren den Querschnitten umgek
proportional. Durch eine zweite Reihe von Versuchen f
Riess[1] vermittelst verschieden langer eingeschalteter Drä
dafs die Erwärmung von der Länge der leitenden Drähte
abhängig ist, woraus hervorgeht, dafs diejenige Veränder
welche in irgend einem Elemente des Rheophors hervorgebr
wird, in allen übrigen Elementen desselben gleichfalls
findet. Die wesentlichste, durch diese Versuche aufgefundene
Thatsache ist, dafs die Erwärmung bedeutend geschwächt
ganz aufgehoben wird, sobald irgend ein schlecht leite
Körper den freien Durchgang des elektrischen Stromes hin
Die in Anwendung gebrachten Nichtleiter waren eine L
schicht, ein oder zwei Kartenblätter und ein dünnes Glim
blatt. Es läfst sich hierbei die Ursache nicht in einer a
messenen Verminderung des elektrischen Stromes suchen,
das Residuum der entladenen Flaschen war in allen F
nach Schätzung gleich grofs, und dennoch hätte es, nam
lich bei Anwendung des Glimmerblättchens, noch die H
der ganzen Ladung betragen müssen, was der Beobach
nicht entgehn konnte. Durch eine dritte Reihe von Versu
bestimmte Riess[2] die Verzögerungskraft und das Erwärmu
vermögen verschiedener Metalle, die des Platins als Ei
angenommen, und erhielt folgende Werthe:

---

1 Poggendorff's Ann. XLIII. 47.
2 Ebendaselbst XLV. 1.

Digitized by Google

Metalle.	Verzögerungs-kraft.	Erwärmungs-vermögen.
Silber	0,1043	0,1267
Kupfer	0,1552	0,1133
Gold	0,1746	0,2112
Cadmium	0,4047	—
Messing	0,5602	0,3861
Palladium	0,8535	—
Eisen	0,8798	0,7080
Platin	1,0000	1,0000
Zinn	1,0530	1,5700
Nickel	1,1800	0,8727
Blei	1,5030	2,867
Neusilber	1,7520	—

gesammten Versuche führten zu folgendem Hauptsatze: In welchen mit einander verbundenen Metalldrähten, die gleich eine elektrische Batterie entladen, werden Wärmegen frei, die genau proportional den Verzögerungen sind, che diese Drähte einzeln bei irgend einer elektrischen Entung verursachen würden. Das Ganze läfst sich dann durch Formel ausdrücken:

$$W = \frac{a \times l}{r^2} \left(\frac{1}{1 + \frac{b \times \lambda}{\rho^2}} \right) \frac{q^2}{s},$$

in W die entwickelte Wärmemenge, l die Länge, r den messer, x die Verzögerungskraft, λ die Länge und ρ den messer des ganzen Schliefsungsbegens, s die Gröfse der terie und q die in ihr enthaltene Elektricitätsmenge, a und er Constanten bezeichnen, indem a von der Beschaffenheit Metalles im untersuchten Schliefsungsbogen, b aber von Beschaffenheit des Metalles im hinzugesetzten Drahte abgt[1].

222) Nehmen wir alle diese Erfahrungen zusammen, zu en noch die von De la Rive[2] namentlich über die Wär-

1 Ueber diese Versuche ist noch zu vergleichen Vorsselman de in Poggendorff's Ann. XLVIII. 292 und die Bemerkungen von hierüber ebend. S. 320.

2 Biblioth. universelle. T. XL. p. 40. Poggendorff's Ann. XV. 257.

Digitized by Google

meerzeugungen in Flüssigkeiten zusammengestellten kom
könnten, so ergiebt sich, dafs alle elektrische Ströme Wä
erregen, deren Menge der in gegebener Zeit durch den Q
schnitt eines Leiters strömenden Quantität und dem Ra
proportional ist, welchen diese Masse einnimmt, zugleich
vermehrt wird durch die Verzögerungskraft der Rheophorm
Ist die Masse des elektrischen Stromes zu gering und zu
nig zusammengedrängt, mag dieses von der spärlichen Er
bigkeit der Elektricitätsquelle oder der zu grofsen Ausbrei
über dem als ihr Reservoir dienenden Behälter oder dem zu
fsen Querschnitte des Rheophors oder endlich von der zu
gestörten Geschwindigkeit der Strömung herrühren, so ver
dert sich die erregte Wärmemenge zunehmend so sehr,
sie zuletzt gar nicht mehr wahrgenommen wird. Hierin
ohne Zweifel die Ursache, dafs die englischen Experimen
ren in Gemäfsheit ihrer Versuche mit Kinnersley's Luftt
mometer den Satz aufstellten, bei vollständiger Leitung
Elektricität werde gar keine Wärme frei, was jedoch nur
der angegebenen Beschränkung gültig ist. Hieraus lassen sich
lich einige längst bekannte Erscheinungen erklären, namen
die Entzündung des Zündschwammes und des Schiefspul
durch Verzögerung des Stromes. Nähert man namentlich
feinen Fasern des Zündschwammes, so ist die Masse der
dem Knopfe der Flasche, vorzüglich einer grofsen Batt
ausströmenden und in einen kleinen Raum zusammengedr
ten Elektricität sehr bedeutend, und die Entzündung tritt
fort ein, erfolgt auch in der Regel um so sicherer, je sch
ler man den Schwamm nähert. Beim Durchgange des
schenschlages durch Schiefspulver finde ich es wahrschein
dafs der elektrische Strom überhaupt nicht durch die neben
ander gelagerten Körner fliefst, sondern durch die Luft,
dem die positive der negativen und umgekehrt auf die kü
ste und schnellste Weise zu begegnen sucht; entzündet
aber Schiefspulver durch den Strom einer Volta'schen Batt
dann erfolgt dieses nach meiner Ansicht in der Regel nur d
das Verbrennen des Metalls, weil die Kohle des Schiefspul
als schlechter Leiter den Strom nur schwer durchläfst.
dieses steht in ziemlich genauem Zusammenhange mit den
sultaten der neuesten, durch Edmund Becquerel[1] angestel

1 Aus Compt. rend. T. VIII. p. 334 in Poggendorff's Ann. XLIX.

Digitized by Google

Versuche. Hiernach bringt der elektrische Flaschenfunke, selbst wenn er in 2 Millim. Abstand vor einer thermoelektrischen Säule überspringt, ebenso wie ein fortdauernder elektrischer Strom keine thermischen Wirkungen hervor, vermuthlich weil der Vorgang zu schnell erfolgt, als dafs eine Wärmestrahlung entstehen könnte.

223) Die Summe der Erfahrungen über Wärmeerzeugung durch Elektricität wurde kürzlich durch einen höchst interessanten Beitrag vermehrt, welcher jedoch keineswegs geeignet ist, die Erklärung aller dieser Phänomene zu erleichtern. PELTIER[1] fand nämlich, dafs der hydroelektrische Strom bei seinem Durchgange durch die Löthstelle zweier Metalle je nach dieser Richtung nicht blofs ungleiche Wärme, sondern sogar auch Kälte erzeugt. Der Satz, allgemein ausgedrückt, heifst[2]: *wenn der positive Strom vom besseren Leiter zum schlechteren übergeht, so wird die Löthstelle erwärmt, im entgegengesetzten Falle wird sie weniger warm oder gar kalt;* die Löthstelle hat hiernach also eine andere Temperatur, als die übrigen Theile des Rheophors[3]. Auffallend zeigt sich dieses namentlich bei den Verbindungen von Kupfer mit Antimon und Wismuth, am auffallendsten aber bei einer Verbindung der beiden letztern Metalle, woraus man ersieht, dafs die zu thermoelektrischen Säulen geeignetsten Metalle auch hierbei die stärkste Wirkung zeigen. PELTIER machte seine ersten Versuche mit einem sehr complicirten Apparate, dann mit zwei Verbindungen von Antimon und Wismuth, die er kreuzweise in Berührung ihrer Löthstellen über einander legte und wobei

---

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LVI. p. 371. Poggendorff's Ann. LXIII. 371.

2 Die scharfe Bestimmung dieses merkwürdigen Gesetzes verdanken wir den sogleich zu erwähnenden Versuchen von MOSER und LENZ.

3 Dafs die Richtung des elektrischen Stromes auf die Wärmeerzeugung einen bedeutenden Einfluss habe, ist aus einem andern Phänomen ersichtlich. Legt man eine Scheibe Phosphor auf eine mit dem positiven Conductor einer Elektrisirmaschine liegende Metallplatte, und nähert man ihr eine mit der Hand gehaltene kleine Metallkugel an einer Metallstange, so wird der durch den Phosphor fahrende Funke letzteren nicht entzünden, wohl aber geschieht dieses augenblicklich, wenn man die Scheibe Phosphor an die genäherte Kugel klebt.

Digitized by Google

die eine Verbindung in die Kette des elektrischen Stromes ei
geschaltet wurde, während die andere als thermoelektris
Kette diente. Mit einem ähnlichen Apparate wiederh
Moser[1] die Versuche und fand die Resultate bestätigt. W
ter bediente sich Peltier eines Lufthermometers, durch d
sen Kugel die durch Löthung verbundene Stange Anti
und Wismuth gezogen war. Die Anwendbarkeit des letzt
Apparates verwirft Lenz mit Recht deswegen, weil die
Stange leicht so stark erhitzt wird, dafs die erzeugte Wä
die Erkaltung der Löthstelle überwindet und man ein ent
gengesetztes Resultat erhält. Inzwischen hat der Apparat
grofsen Vorzug der Bequemlichkeit und Empfindlichkeit
kann daher jetzt, nachdem die Thatsache aufser Zweifel ge
worden ist, mit Nutzen angewandt werden. Nach der von
gewählten Construction läfst man an eine ungefähr 0,3 l
Fig. 46. weite Glasröhre AB eine Kugel von etwa 1 Zoll Weite
zwei einander gegenüber stehenden kurzen Hälsen w bla
zieht die an einander gelötheten Stängelchen Antimon
Wismuth von etwa 1 Lin. Dicke durch die beiden klei
Hälse, und verkittet sie luftdicht so, dafs die Löthstelle
in der Mitte befindet. Die aufwärts gebogene Glasröhre b
stigt man auf einem verticalen Bretchen mit einer Scale,
auf einem geeigneten Fufsgestelle ruht. Beim Gebrauche
wärmt man die Kugel etwas mit der Hand und bringt ei
Tropfen Weingeist auf das obere Ende der Röhre, wel
beim Abkühlen ungefähr bis in die Mitte der Röhre he
sinkt und dann entweder steigt oder fällt, jenachdem man
Draht des positiven Poles mit dem einen oder dem andern
aus den Hälschen hervorragenden Metallenden in Berühr
bringt, während der andere Draht das entgegenstehende E
berührt. Mit diesem Apparate kann man die Thatsache a
bei der Anwendung schwächerer Säulen im Allgemeinen
stätigt finden, und es gewährt sogar eine interessante Ersch
nung, wenn man bei ziemlich schnellem Wechsel der Berühru
mit den Polardrähten das Thermometer steigen und fallen sieh

---

1 Dove's Repertorium. Th. I. S. 349.

2 Einst wandte ich eine so starke Säule an, dafs das Wismu
ende jederzeit bei der Berührung mit dem Schliefsungsdrahte an
Berührungsstelle schmolz, und dennoch blieb der Erfolg für e

Digitized by Google

Allerdings muſs man gestehn, daſs Lenz[1] das Problem bedeutend weiter gefördert hat. Zuerst wiederholte er den Versuch mit den kreuzweise auf einander liegenden, zusammengelötheten Wismuth- und Antimonstangen, und gewahrte eine entgegengesetzte Bewegung der Magnetnadel bei umgekehrter Richtung des galvanischen Stromes; demnächst zeigte ein feines, an die Löthstelle der Wismuth- und Antimonstange gehaltenes Thermometer bei der einen Richtung eine Temperaturverminderung von 0°,88, bei der entgegengesetzten eine Erhöhung von 4°,12 C., endlich aber lieſs derselbe Stangen von Wismuth und Antimon von 4,5 Z. Länge und 0,4 Z. Querschnitt an einander löthen, bohrte in die Löthstelle ein kleines Loch, brachte in dieses die Kugel eines feinen Thermometers und füllte den übrigen Raum mit Eisenfeilicht. Ward dieser Apparat in den Strom einer einfachen Volta'schen Kette aus Platin und Zink von 1 Quadratfuſs Fläche gebracht, so sank das Thermometer, wenn der positive Strom vom Wismuth zum Antimon ging, um fast 3°,75 C., fing aber nach einiger Zeit wieder an zu steigen, was augenscheinlich von der Erhitzung der Wismuthstange herrührte, die dem Gefühle nach bedeutend warm war, während die Antimonstange in Folge ihres besseren Leitungsvermögens sich kalt zeigte; ging der Strom dagegen umgekehrt vom Antimon zum Wismuth, so stieg das Thermometer 45° C. Noch auffallender aber war folgender Versuch. Lenz füllte das Loch in der Löthstelle mit Wasser, und legte die zusammengelöthete Stange auf schmelzenden Schnee, womit zugleich die beiden Enden bedeckt waren. Hierdurch ging sowohl die Stange, als auch das Wasser in dem Loche auf 0° herab, und letzteres zeigte auch diese Temperatur 10 Minuten lang an einem Thermometer. Als darauf der Strom vom Wismuth zum Antimon die Stange durchlief, gefror das Wasser nach 5 Minuten vollständig; auch zeigte das Thermometer bei wiederholten Versuchen in diesem Wasser — 4°,38 C., und dieses ist also die erste Eisbildung durch Galvanismus.

---

keine Zeit nicht aus, indem das Thermometer der Bedingung gemäſs wenig fiel oder rascher stieg.

1. Aus Bulletin scient. de Petersb. in Poggendorff's Ann. XLIV. 342.

Digitized by Google

224) Dafs dieses merkwürdige Verhalten eine Folge der Lei tungsfähigkeit der hierbei in Anwendung gebrachten Metal sey, unterliegt keinem Zweifel, sofern keine andere denkba Ursache aufzufinden ist; allein es versteht sich von selbst, da hiermit das Phänomen noch keineswegs als erklärt zu betrach ten sey. Um aber auch in dieser Beziehung einen bessern An haltpunct zu haben, verdanken wir den Versuchen von Le zugleich eine nähere Bestimmung des elektrischen Leitungsv mögens beider Metalle. Nach der früher von diesem Gelehr angewandten Methode fand derselbe, die Leitungsfähigkeit d Kupfers zu 100 angenommen,

für Quecksilber . . .	4,66
— Antimon	8,87
— Wismuth	2,58

Wurden beide zusammengelöthete Metalle als Einheit in Kette eingeschaltet, so war der Leitungswiderstand nur m merklich verschieden, der Strom mochte die eine oder die en gegengesetzte Richtung haben.

225) Handelt es sich darum, diese Erscheinungen mit d Wärmetheorie in Einklang zu bringen, so zweifle ich in That, ob es möglich seyn wird, eine genügend sichere u hinlänglich gegen jeden Einwand begründete Erklärung aufz finden, was wohl davon herrührt, dafs wir das eigentliche W sen der Elektricität und namentlich das eigenthümliche Verh ten ihrer Durchströmung der Rheophore, ungeachtet der zah losen bekannten Thatsachen, immer noch nicht genügend ke nen. Statt aber diese Schwierigkeiten unberührt zu übergeh wird es doch rathsamer seyn, die bisher gemachten Versuc einer Erklärung zu erwähnen und diejenigen Hypothesen a zuführen, die sich den meisten Thatsachen am leichtesten a fügen lassen.

Zuvörderst darf nicht übergangen werden, dafs Riess[1] d Materialität der Elektricität deswegen bezweifelt, weil sie ih erwärmende Kraft in jedem Elemente der durchströmten Drah äufsert; allein mir scheint dieses Argument ganz unzulässi weil jeder materielle Körper die ihm eigenthümlich zukom mende Wirkung an jedem Orte äufsert, wo er sich befind

1 Poggendorff's Ann. XLIII. 62.

Digitized by Google

und daher auch die Elektricität an jeder Stelle des von ihr durchströmten Rheophors die ihr eigenthümlichen Wirkungen, Erregung von Wärme und Magnetismus, äufsern mufs, ebenso wie z. B. die eine Röhre durchströmende comprimirte Luft gegen jedes gleich grofse Element der Röhrenwandung einen gleich starken Druck ausübt. Dem erwähnten Argumente gerade entgegengesetzt war eine frühere Ansicht von De la Rive[1], wodurch er die Wärmeerzeugung durch Elektricität derjenigen analog betrachtete, welche entsteht, wenn ein Gas in Folge eines starken Druckes durch eine enge Röhre gepreſst wird, weil er die Elektricität für ein den Gasen ähnliches Fluidum zu halten geneigt war, eine Ansicht, die ihm später allzugewichtigen Einwürfen ausgesetzt zu seyn schien, als dafs er sie nicht aufgeben sollte. Berthollet[2] war anfangs geneigt, das elektrische Fluidum für Wärme selbst zu halten, wollte aber, ehe er sich hierfür entschied, noch einige Versuche anstellen, was auch unter Mitwirkung von Gay-Lussac mit den treffenden Apparaten des Professors Charles geschah und zu einigen allerdings beachtenswerthen Resultaten führte. Dahin gehört die Bemerkung, dafs der zum Glühen gebrachte Platindraht schneller erkalten soll, als wenn er anderweitig bis zu dieser Temperatur erhitzt war, eine Thatsache, die mir im Allgemeinen noch zu wenig begründet zu seyn scheint, als dafs sie bei der Erklärung des Phänomens vorzugsweise Berücksichtigung verdiente. Wichtiger ist, dafs der Flaschenschlag, wenn er zu schwach ist, den Zusammenhang aller Theile des Drahtes zu trennen, einige Theilchen von seiner Oberfläche löst, die als Rauch aufsteigen[3], wogegen ein stärkerer Schlag den Draht in lauter Fäserchen zerreifst. Ueberhaupt scheinen ihm die Wirkungen des elektrischen Stromes nicht sowohl auf einer Temperaturerhöhung, wie durch gewöhnliche Erwärmung, sondern auf einer Art Compression oder auf einem Einflusse auf den Zusammenhang der Körperelemente zu beruhen, denn wenn derselbe durch gasförmige Körper geht, so findet nur eine momentane Ausdehnung derselben, nicht wie durch

1 Mém. de la Soc. de Phys. et d'hist. nat. de Genève. T. III. p. 123.

2 Aus Essay de Stat. chim. in G. XX. 334.

3 Diese Erfahrung ist wohl ziemlich allgemein bekannt.

Wärme, statt, und als die holländischen Physiker ihn dur einen Bleidraht in einem Gefäfse voll Stickgas leiteten, ze stiebte der Draht in metallisches Pulver, statt dafs er dur Hitze in Kugeln geschmolzen seyn würde. Berthollet u terscheidet daher sehr richtig die Wirkungen der Elektrici an sich von denen der Oxydation (des Verbrennens) u glaubt, dafs die ersteren sich blofs auf Verminderung o Vernichtung der Cohäsionskraft, auf Trennung und Zerstr ung der kleinsten Theilchen beziehn, wodurch dann zugle die Oxydation eingeleitet und befördert wird.

226) Die durch Berzelius aufgestellte, bereits mehrm (§. 29) erwähnte Hypothese hat wegen der grofsen Celebri dieses berühmten Gelehrten viele Anhänger gefunden. Hi nach ist die Wärme gar kein einfaches Wesen, sonde eine Zusammensetzung aus positiver und negativer Elektricit Diese Hypothese, die keiner weitern Erläuterung bedarf u sich schon durch ihre Einfachheit empfiehlt, erklärt leic manche Entzündungen, als des Phosphors, Aethers u. s. wenn man annimmt, dafs in diesen Körpern beide Elektri täten sich vereinigen und in Wärme verwandeln; scheint leicht soll sie auch das Erglühen der Metalldrähte erklären, lein bei näherer Untersuchung ergiebt sich evident, dafs nic blofs in Beziehung auf dieses letztere, sondern auch im All meinen unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenstehn. Z vörderst geht aus zahllosen Versuchen augenfällig hervor, d alle elektrische Erscheinungen blofs auf einer Trennung o Verbindung beider Elektricitäten zu einem neutralen 0E. b stehn, ein Satz, welcher unter besonderer Modification so die Basis sowohl der Franklin'schen als auch der Symmer'sch Theorie bildete und daher von allen Physikern, auch von Be zelius selbst, als gültig anerkannt wird. Nach der Hyp these des Letztern müfste aber bei jeder Elektricitätserregu bei jeder Trennung beider Elektricitäten aus dem 0E. = Wä me auf gleiche Weise Kälte entstehn, als durch die Verbi dung beider zu 0E. Wärme erregt wird. Durch das Reib der Glasscheibe einer Elektrisirmaschine und durch die Volt sche Säule müfste daher Kälte erzeugt werden, statt dafs b deutende Wärme zum Vorschein kommt. Man beseiti zwar diese Einwürfe durch die Annahme, dafs das Reib der Glasscheibe durch sich selbst Wärme, die Trennung d

Digitized by Google

Elektricitäten Kälte erzeugt, wobei aber erstere in solcher Menge vorhanden seyn soll, dafs ein Theil derselben vorherrschend bleibt. Bei der Säule leidet dieses keine Anwendung, auch könnte man sagen, auch in dieser sey die durch chemische Wirkung erzeugte Hitze im Uebermafs vorhanden. Diese letztere Hypothese ist ohne Widerrede unwahrscheinlicher, als die erstere; auf jeden Fall ist es aber schlimm, eine auf wenige Thatsachen gegründete Hypothese bei ihrer Anwendung auf andere Phänomene stets durch neue, gleichfalls unbegründete Hypothesen unterstützen zu müssen, und also, nach einer sehr wahren Aeufserung von Gauss, ein Verfahren in Anwendung zu bringen, ähnlich dem älteren, als man zur Erklärung der Bahnen der Himmelskörper stets neue Epicykeln hinzufügte. Wenn man im bekannten Versuche von Biot einen geladenen isolirten Conductor einem anderen isolirten ohne Berührung nähert und das 0 E. des letzteren durch Induction trennt, so müfste hierdurch Kälte entstehn, bei der Entfernung des ersten Wärme. Beides ist zwar noch nicht durch Versuche ausgemittelt, auf jeden Fall aber höchst unwahrscheinlich. Es bedarf indefs keiner Anhäufung vieler Argumente, da ein unwiderlegliches entgegensteht. Wenn ein langer Draht erglüht, so müfste zur Wärmeerzeugung eine Verbindung beider Elektricitäten in allen Querschnitten des Drahtes statt finden, was doch unmöglich ist. Beide Elektricitäten durchströmen denselben in Gemäfsheit der doppelten Durchbohrung eines Stanniolblattchens nach Moll in entgegengesetzter Richtung, und schon dieser Versuch zeigt deutlich, was sich jedoch von selbst versteht, dafs sich beide in entgegengesetzter Richtung strömende Elektricitäten unterwegs nicht verbinden, vielmehr geschieht bei der Batterie die Vereinigung erst bei beiden Belegungen, deren jede die der ihrigen entgegengesetzte aufnimmt und dadurch in den Zustand von 0 E. versetzt wird, bei der einfachen Volta'schen Kette aber nimmt das Zink die positive Elektricität des Kupfers und letzteres die negative des Zinks an, der Leophor dient blofs als Vehikel der Strömung, eine Verbindung beider Elektricitäten kann in ihm nicht statt finden, denn die zu 0 verbundene Elektricität strömt nicht, schon deswegen, weil sie sonst nach beiden Seiten zugleich strömen müfste, was an sich unmöglich ist. Ein Erglühen des Rheors wäre also hiernach nicht möglich, am wenigsten ein

Digitized by Google

fortdauerndes, wollten wir nicht mit der Erklärung der g
sammten elektrischen Erscheinungen in Widerspruch komme

227) Die Geschwindigkeit, womit die Elektricität v
kommene Leiter durchströmt, und die aufserordentliche mec
nische Gewalt, die sie ausübt, führten leicht zu der Erklärun
dafs die Wärme durch dieselbe auf gleiche Weise, als du
Compression, erzeugt werde, allein De la Rive[1] bemerkt
Recht, dafs dieses wohl auf den momentan wirkenden E
schenschlag, nicht aber auf den Strom der Volta'schen S
anwendbar sey, welcher fortdauernd Glühhitze erzeuge. Di
Bemerkung ist zwar unbezweifelt richtig, es darf jedoch
gleich nicht übersehn werden, dafs auch die Reibung fo
dauernd Wärme erzeugt, wodurch jedoch, wie an sich k
das Phänomen selbst keineswegs erklärt ist. Ebendie
ist der Fall, wenn man die Wärmeerzeugung der Elektri
aus ihrer chemischen Wirksamkeit ableiten wollte. Es erg
sich also, dafs die Bemühungen der Physiker, dieses inter
sante, aber auch höchst schwierige Problem zu lösen, bis
vergeblich waren, und daher kann dieses auch hier nicht ge
dezu beabsichtigt werden, wie wichtig auch eine solche Lös
für die Wärmetheorie überhaupt seyn mag. Dessenungeach
werden einige allgemeine Bemerkungen hier nicht am unrech
Orte seyn.

α) Es ist eine bekannte Sache, dafs Metalldrähte durch
Batteriefunken eine merkliche Veränderung ihres Volumens
leiden[2]. Van Marum sah, dafs ein 18 Z. langer Eisendr
durch einen einzigen Flaschenschlag um mehr als 0,25 Z. v
kürzt wurde, und ähnliche Resultate erhielt Nairne, wor
also folgt, dafs das stabile Gleichgewicht der Molecüle du
den elektrischen Strom bedeutend afficirt wird.

β) Man hat noch nicht genügend die Frage erörtert, w
che Rolle der Leitungsdraht beim Strömen der Elektricität spi
Für statische Elektricität ist aus früheren Erfahrungen bekan
neuerdings aber durch Faraday's Versuche erwiesen word
dafs die Trennung beider Elektricitäten blofs auf der Oberf
che der Conductoren statt findet, bei der dynamischen Elekt
cität kann dieses jedoch nicht der Fall seyn, vielmehr geht

1 Poggendorff's Ann. XV, 253.
2 Erxleben's Lehrbuch der Experimentalphysik. Th. II. S. 266.

Digitized by Google

allen Erscheinungen, namentlich aus der so eben erwähnten Volumensänderung der Rheophore evident hervor, dafs die Elektricität durch die ganze Masse der Leiter strömt.

γ) Auch hierbei könnten die Leiter der Elektricität insofern passiv seyn, dafs ihre eigene 0 Elektricität nicht getrennt würde, sondern beide Elektricitäten in ihnen in entgegengesetzter Richtung strömten, sie könnten aber auch insofern activ seyn, als ihre eigene 0 Elektricität durch den Elektrometer getrennt würde; in beiden Fällen würden die elektrischen Ströme in ihnen die bekannten Veränderungen hervorbringen können. Ohne im mindesten hierüber entscheiden zu wollen, da bis jetzt keine entscheidend bestimmende Erfahrung vorhanden ist, bin ich geneigt, der letztern Ansicht beizutreten, indem die neuesten Inductionsapparate (die durch Nrrr sogenannten magnetoelektrischen Maschinen) dieselben mindestens wahrscheinlich machen, wonach der elektrische Strom, welcher einen vollkommenen Leiter durchströmt, in einem ihm isolirt genäherten gleichfalls eine elektrische Strömung erregt.

δ) Es scheint mir ein allgemein gültiges Naturgesetz zu seyn, dafs alle Flüssigkeiten, sobald sie bei ihrer Bewegung Hindernisse zu überwinden haben, in Undulationen versetzt werden, die dann mehr oder minder deutlich wahrnehmbar sind. Beispielsweise möge hier nur erwähnt werden, dafs auch die Luftmassen im Sturme deutlich diesen wellenartigen Charakter zeigen. Hiernach wären also auch die elektrischen Ströme nicht als ein stilles Fortfliefsen, sondern als ein wellenartiges Fortschreiten zu betrachten, womit dann auch die Geschwindigkeit ihrer Bewegung bei unleugbar vorhandenem Widerstande besser vereinbar seyn würde.

Wir müssen uns hiernach, um die Naturgesetze mehr zu vereinfachen, folgende Vorstellung machen. Wenn die innere Ladung einer geladenen Flasche oder die Kupferscheibe der einfachen Volta'schen Kette mit einem Metalldrahte in Berührung kommt, so wird die aufgehäufte positive Elektricität die negative im nächsten Elemente des Drahtes trennen, die aber ihre eigene positive Elektricität nicht loslassen würde, wenn sie nicht gleichzeitig durch die negative der äufsern Belegung hierzu bewogen würde. Die trennende Kraft schreitet dann durch die ganze Drahtlänge vermittelst der jedes Element treffenden Einwirkung unglaublich schnell fort, die wirkliche

Trennung findet aber erst dann statt, wenn alle einzelne Ti des Rheophors und beide Belegungen der Flasche mit eina in Conflict gekommen sind. Mit den nöthigen Modificati gilt dieses von beiden Polen der Volta'schen Säule und sie verbindenden Drahte. Man könnte dann annehmen, die mechanische Gewalt einer so unglaublich schnellen S mung die Wärme durch Compression auspreſste; es dürfte angemessener seyn zu einer Art chemischer Einwirkung Zuflucht zu nehmen. Allerdings scheint der Umstand, daſ Erhitzung mit zunehmendem Widerstande wächst, auf mechanische Wirkung zu deuten, allein man muſs auch rücksichtigen, daſs chemische Actionen gleichfalls eine ge Zeitdauer erfordern, weil eine so schnelle Strömung der wäre, daſs gar kein Einfluſs auf die Molecüle der K statt finden könnte. Als Axiom darf zugleich der Satz stabilen Gleichgewichte durch den Conflict der attractiven repulsiven Kräfte auf die Molecüle der Körper angenon werden, wobei dann die Wärme entweder mit der Repu kraft identisch oder doch innigst damit verbunden ist. W man hiernach berücksichtigt, welchen Einfluſs die Elektr auf die Molecüle der durchströmten Körper ausübt, sofer das Volumen der Körper verändert, wie sie ferner im A meinen so kräftig chemisch wirkt, so gewinnt sehr leich Vorstellung einen nicht unbedeutenden Grad der Wahrsch lichkeit, daſs durch diese beiden Wirkungen der getre Elektricitäten das stabile Gleichgewicht der Körper aufgeh und Wärme auf gleiche Weise, als durch die Wirkung mischer Kräfte bei den Verpuffungen, momentan frei wird.

Peltier's Entdeckung scheint auf den ersten Blick Erklärung der Wärmeerzeugung durch Elektricität unmö zu machen, inzwischen dürfte folgende Hypothese doch gen Schein der Möglichkeit gewähren. Die positive Elekt tät hat nach vielen Indicien einen höhern Grad der Spann als die negative; man könnte ihr daher verhältnifsmäſsig k tigere Wellen beilegen, ohne daſs diese dennoch im Ga den negativen vorauseilen, weswegen auch die Leitungsfähig einer Verbindung von Wismuth und Antimon für jede R tung der elektrischen Ströme gleich ist, denn beide we durch das Gesammtverhalten der Elektromotoren und der Rh phore bedingt. Wenn daher die kräftigeren positiven We

Digitized by Google

einem schlechteren Leiter in einen viel besseren übergehn, kommen sie zu einer momentanen Ruhe, einem momentanen Fortgleiten durch eine kurze Strecke; ihre Wirkung hört auf, die Wärme wird gebunden und es tritt nur dicht an der Berührungsstelle Kälte ein. Uebrigens verdiente noch untersucht zu werden, ob auch dann Kälte eintritt, wenn die beiden Metalle nicht zusammengelöthet, sondern blofs in genauer Berührung sind, weil in dem Falle, dafs dann die so höchst auffallende Wirkung wegfiele, auch der Einfluſs des zum Löthen dienenden Metalles bei der Erklärung berücksichtigt werden müfste.

E. Verhalten der Wärme.

Die sämmtlichen Erscheinungen, welche in diesem Abschnitte zur Untersuchung kommen, pflegte man früher unter *Wärmeleitung* zusammenzufassen, allein es zeigten sich dann auffallende Widersprüche in den Phänomenen, dafs es nicht möglich wurde, sie zu einigen, noch viel weniger, sie auf bestimmte Gesetze zurückzuführen. So zeigten sich z. B. Körper, denen man auf der einen Seite ein starkes Wärmeleitungsvermögen zuschrieb, weil sie schnell erkalteten, von der andern als schlechte Leiter, weil sie die Wärme nur wenig durch sich hindurchliefsen. Im Allgemeinen kommt hier das Verhalten der Wärme insofern in Betrachtung, als es sich fragt, nach welchen Gesetzen sie einen Körper verläfst und in einem andern aufgenommen wird, in einigen Körpern sich schnell, in andern langsam ausbreitet, endlich wie sie in den verschiedenen Körpern eine mehr oder weniger hohe Temperatur erzeugt oder gänzlich verschwindet, ohne eine Temperaturerhöhung zu bewirken, obgleich sie durch anderweitige Modificationen der Körper in unverminderter Menge wieder zum Vorschein kommt. Werden alle diese Erscheinungen gehörig geordnet, so lassen sich nicht blofs die einzelnen füglich unter allgemeine Gesetze bringen, sondern sie fügen sich auch insgesammt ohne Schwierigkeit dem bereits aufgestellten allgemeinen Erklärungsprincipe, ohne dafs innere Widersprüche übrigbleiben, wie der Verfolg der Untersuchungen ergeben wird.

1) Wärmestrahlung.

228) Unter Wärmestrahlung verstehn die Physiker n
stens ein bereits oben erwähntes Verhalten der Wärme,
nach dieselbe, wenn sie am Tage mit den Lichtstrahlen
der Sonne auf der Erde angelangt ist, schon bei Tage,
mehr aber bei Nacht, dem leeren Himmelsraume wieder
len soll[1]. Gegen diese Hypothese, wie allgemein dieselbe
von den berühmtesten Physikern angenommen und verth
wird, habe ich mich aus mir unwiderleglich scheinenden G
den erklärt, zu denen bei der Untersuchung der Wärmeq
risation noch andere gewichtige hinzukommen werden.
noch aber stelle ich eine Wärmestrahlung keineswegs in
rede, wie auch schon nothwendig aus der Annahme von
mewellen folgt, jedoch in einem andern Sinne, als dem
bezeichneten. Wärmestrahlung findet nämlich allezeit
wenn die Wärme irgend einer Wärmequelle durch den
Raum oder beliebige expansibele und tropfbare Flüssigk
und selbst feste Körper nach dem Grade ihrer Diather
oder in andere feste oder flüssige Körper übergeht oder
sich anscheinend blofs zerstreuet, falls ein sie aufnehm
Körper zu entfernt seyn sollte. Wir wollen zuerst die
züglichsten Thatsachen beleuchten, wobei es jedoch schwe
die eigentliche Strahlung von der Durchleitung zu trennen
gleich beide Erscheinungen von den bessern Experiment
zugleich berücksichtigt zu werden pflegen.

a) Strahlung im Allgemeinen.

229) Der Erste, welcher die Aufmerksamkeit der Ph
auf das Phänomen der Strahlung lenkte, war wohl Mario

---

1 Es scheint mir überflüssig, aufser den oben §. 79 ff.
erwähnten Autoritäten noch die übrigen vollständig aufzuzählen
es wird stets nur das Stattfinden eines Erkaltens bezeugt und
hypothetisch von der Strahlung abgeleitet, ohne deren wirklich
stenz nachzuweisen. Vorzugsweise gelten in dieser Beziehung
über den Thau, s. Art. *Thau*, Bd. IX. S. 686. Arago in An
1828. Boussingault in Ann. de Chim. et Phys. T. LII. p. 260.
gendorff's Ann. XXXI. 600 und viele Andere.

2 Mém. de l'Acad. 1682. Die noch älteren Versuche der M

Digitized by Google

indem er fand, dafs die Strahlen eines Feuers in einem Hohlspiegel gesammelt auf die im Focus gehaltene Hand brennend einwirkten, was jedoch nicht statt fand, wenn sie durch eine Glastafel aufgehalten wurden. Diese Versuche mit Spiegeln wurden von Du Fay[1] und Cassini[2] wiederholt. Lambert[3] aber unterschied mit seinem gewohnten Scharfsinn sogleich die Wirkungen des Lichts von denen der Wärme, indem er die Strahlen eines hell brennenden Feuers mit einer Glaslinse auffing, aber wenig Wärme im Focus derselben an seiner Hand empfand, obgegen es ihm gelang, durch die Hitze glühender Kohlen vermittelst zweier Brennspiegel leicht entzündliche Körper auf eine Entfernung von mehr als 24 Fufs in Brand zu setzen. Am interessantesten und belehrendsten sind die Versuche von Pictet[4], welcher zuerst den Namen *strahlende Wärme* einführte und nachwies, dafs die Wärmestrahlen nicht durch den Luftzug abgelenkt werden, durch starke Bewegung der Luft ihre Intensität nicht verlieren und die Luft selbst nicht erwärmen. Fing er die Strahlen eines Feuers durch eine Glasscheibe auf, so drangen die der Wärme nicht durch, wohl aber die des Lichtes, die sich auch nachher vermittelst einer Linse concentriren liefsen. Hiernach stellte er den Satz auf, dafs ein Glasspiegel zwar die Lichtstrahlen reflectire, nicht aber die Wärmestrahlen, eine polirte Metallfläche aber beide. Hielt er daher einen metallenen Hohlspiegel dem Feuer entgegen, so wurde dieser selbst nicht heifs und konnte fortdauernd ohne Nachtheil in der Hand gehalten werden, war aber die Oberfläche desselben geschwärzt, so nahm seine Hitze schon in vier Minuten so sehr zu, dafs man ihn nicht mehr mit der Hand halten konnte. Diese wichtigen Versuche, an die sich die minder bedeutenden von King[5] anreihen lassen, erregten weit weniger Aufmerksamkeit, als sie eigentlich verdienten; mehr noch war dieses der Fall bei den allerdings ausgedehnteren,

---

der Akademie del Cimento, welche auszumitteln suchten, ob Wärmestrahlen vom Eise ebenso als Wärme- und Lichtstrahlen von Metallspiegeln zurückgeworfen würden, scheinen wenig oder gar nicht beachtet worden zu seyn. S. Saggi di naturali esperienze. a cart. 176.

1 Mém. de l'Acad. 1726.

2 Ebendaselbst 1747. p. 25.

3 Pyrometrie. S. 210. §. 378.

4 Versuche über Luft und Feuer. S. 60.

5 Morsels of Criticism. Lond. 1788. 4. p. 1.

Digitized by Google

welche Pictet[1] theils allein, theils mit de Saussure verstaltete. Er stellte zwei Spiegel von polirtem Zinn, einen F im Durchmesser haltend, deren Brennweite 4,5 Z. betrug, 12 F. Abstand von einander, brachte in den Focus des einen Kugel eines empfindlichen Thermometers, in den des and eine eiserne Kugel von 2 Zoll Durchmesser, die anfangs r glühend war, nachher sich aber so weit abkühlte, dafs sie a hörte am Tage sichtbar zu glühn. Ein zweites Thermom wurde so aufgehangen, dafs es sich in gleichem Abstande der Kugel befand, als das erste, aber nicht im Focus des Br spiegels. In 6 Minuten, nachdem die Kugel an ihren Ort bracht war, stieg das erste Thermometer auf 13°,12, das zw aber blofs auf 3°,12 C., woraus also hervorging, dafs Strahlen der Wärme, gleich denen des Lichts, vom Spiegel flectirt wer denmufsten. Bei einer Wiederholung des Versu als statt der Kugel eine Kerzenflamme genommen wurde, das erste Thermometer gleichfalls um fast 12° C. Wie her Scheele, wollte auch Pictet die Wärmestrahlen von Lichtstrahlen trennen, und als das Thermometer durch Kerze im Focus von 2°,5 bis 16° C. gestiegen war, hielt eine Glasscheibe zwischen die beiden Spiegel, wodurch Thermometer sogleich bis 7°,12 herabging, nach Wegna derselben aber wieder zur vorigen Höhe stieg. Dafs das Th mometer nach Einbringung der Glasscheibe nicht ganz wi zu seinem anfänglichen Stande herabging, betrachtete er eine Folge einiger das Glas durchdringender Wärmestrahlen der früher aufgenommenen Wärme, die wieder gegen den Sp gel strahlen sollte. Weiter stellte Pictet in den Focus einen der 10,5 Fufs von einander abstehenden Hohlspiegel e kleine gläserne Phiole mit etwa 2 Unzen siedenden Wa und ein empfindliches Thermometer in den des andern; i Minuten stieg dasselbe von 8°,33 bis 10°,33 und fiel a Wegnahme der Phiole auf seinen vorigen Stand. Als nach die Kugel des Thermometers geschwärzt war, stieg das Th mometer in derselben Zeit von 10°,75 bis 12°,87. Wurde gläserner Hohlspiegel statt des metallenen angewandt, so kein Steigen des Thermometers durch die heifse eiserne Ku wahrnehmbar. Pictet wünschte auch die Geschwindigkeit

1 Versuch über das Feuer. Deutsche Ueb. Tüb. 1790. S. 56 Vergl. Essais de Phys. T. I. p. 63.

...mestrahlung zu messen, stellte deswegen die beiden Spie-
...69 Fufs von einander, brachte in den Focus des einen die
...ne Kugel, in den des andern ein empfindliches Luftther-
...meter, und hielt einen Schirm zwischen beide. Nach Weg-
...nme des Schirmes stieg das Thermometer sofort, weswegen
...die Geschwindigkeit für unmefsbar grofs hielt, jedoch be-
...merkt man leicht, dafs diese Art der Messung ungenügend ist.
...Diese Hohlspiegel werden seitdem sehr allgemein gebraucht
...und heifsen die *Pictet'schen* Brennspiegel. In der Regel haben
...sie 18 Z. Chorde und 6 bis 8 Z. Brennweite; man legt in den
...Brennpunct des einen mit einem Blasebalge versehenen eine
...halbe Kubikzoll grofse Kohle, bringt in den des andern ein
...mit Zündschwamm, entfernt beide auf 12 bis 36 Fufs von
...einander und entzündet den Schwamm durch Anblasen der
...Kohle. Die gewöhnlichen Spiegel dieser Art sind von getrie-
...benem Messingblech und daher unvollkommen; könnte man sie
...ohne zu grofse Kosten von hoch polirtem Spiegelmetall
...oder Stahl erhalten, so liefsen sich damit sicher viele beleh-
...rende Versuche anstellen. Pictet brachte auch eine kaltma-
...chende Mischung in den Focus des einen seiner Spiegel und
...sah, wie das Thermometer tief herabgehn, betrachtete dieses
...nicht als Kältestrahlung, sondern als eine vom Thermo-
...meter rückwärts gehende Wärmestrahlung[1].

230] Die bisher erwähnten Versuche bezogen sich auf die
...Wärmestrahlen, sofern dieselben auf verschiedene Flächen fal-
...lend von diesen verschluckt oder reflectirt werden, wenn
...gleichläufig den Durchgang durch das Glas unberücksichtigt
...liefs. Rumford[2] berücksichtigte bei seinen Untersuchungen
...nicht blofs dieses, sondern auch den Einfluſs, welchen die
...Flächen auf die durch sie dringenden Wärmestrahlen ausüben.
...Er wurde hierauf durch die Beobachtung geführt, dafs blecher-
...ne Gefäfse, wenn sie blanke Oberflächen haben, mit heifsem
...Wasser gefüllt in ruhiger Luft langsamer erkalten und nach

---

[1] Herschel in Encycl. Met. Art. Heat. p. 292 giebt an, dafs
...die Mitglieder der Akad. del Cimento 500 ℔. Eis vor einen Hohl-
...spiegel brachten und das Thermometer im Focus dadurch sinken

[2] Mémoires sur la Chaleur. Par. 1804. 8. Philos. Trans. 1804.
...Kurze Notitz in G. XVII. 33 u. 213.

Digitized by Google

tiefer Erkaltung in heifser Luft langsamer erwärmt wird als wenn ihre Oberfläche mit dünnem Zeuge überkleidet ist. Rumford bediente sich zu den feinern Versuchen seines Thermoskops[1], mittelst dessen er die kleinen Unterschiede der Strahlung messen konnte, indem er zugleich zwischen die beiden Kugeln des Instrumentes Schirme aus Papier mit Goldschaum überzogen brachte, um die eine oder die andere Kugel gegen den Einflufs der strahlenden Wärme oder auch gegen die ihm angenommene Kältestrahlung zu schützen. Seine Versuche bezweckten zuerst den Beweis, dafs wirklich eine Strahlung, bestehend in Undulationen, statt finde, weil die Wärme das Thermometer in einer Entfernung afficire, wohin sie durch Mittheilung nicht gelangen könne, eine Folgerung, die in der Undurchsichtigkeit der sehr geringen Leitungsfähigkeit wohl als richtig gelten, zugleich aber auf keine Weise so weit ausgedehnt werden kann, dafs zugleich die Materialität der Wärme dadurch widerlegt würde. Rumford füllte daher metallene Cylinder mit Wasser von 82°,22 C. Wärme, brachte sie in verschiedene Entfernungen von den Kugeln seines Calorimeters und beobachtete die Bewegung der Flüssigkeitssäule in der Röhre des letzteren. Alsdann liefs er gleiche Gefäfse von verschiedenen Metallen verfertigen oder überzog das nämliche mit Goldschaum, Silberschaum u. s. w. und fand, dafs bei gleichen Blänke die Strahlung nicht merklich verschieden war. Hiernächst näherte er dieselben Cylinder mit Eis gefüllt oder Eisstücke oder mit eiskaltem Wasser gefüllte Gefäfse den Kugeln des Thermoskops von oben, von unten und von der Seite und gewahrte sogleich eine entgegengesetzte Bewegung der Flüssigkeitssäule. Zugleich entdeckte er, dafs durch Lampenrufs geschwärzte Metallflächen sowohl die Wärmestrahlen als auch die Kältestrahlen weit leichter aussendeten, als polirte. War der Boden eines metallenen Cylinders mit Goldschlägerhaut bekleidet, so zeigte sich eine 25mal stärkere Wärmestrahlung; in einer Anmerkung wird jedoch hinzugefügt, dafs diese Bestimmungen sehr variiren, je nachdem das Thermoskop empfindlicher ist, und zwar in der Art, dafs ein empfindliches nur ein Verhältnifs von 4:1, ein durch einen Überzug mit schwarzem Tusch unempfindlicher gemachtes

---

1 Vergl. Art. *Thermometer*. Bd. IX. S. 996.

Digitized by Google

Verhältnifs von 16:1 gab, denn das Thermoskop ist am empfindlichsten, wenn die Kugeln ganz rein sind. Die angegebenen Zahlenbestimmungen können auf jeden Fall nicht als vollig genau gelten. Ein interessanter Versuch unter vielen andern war der, wobei der Kugel des Thermoskops in gleicher Entfernung von beiden Seiten zwei Cylinder gleichzeitig genähert wurden, deren einer ebenso viel wärmer, der andere ebenso viel kälter war als die Temperatur der Kugel, und als sich kein merklicher Einfluſs zeigte, glaubte Rumford hierin den Beweis zu finden, dafs die Kältestrahlen von gleicher Intensität seyen, als die Wärmestrahlen. Durch Bekleidung der Cylinderflächen mit Goldschlägerhaut fand er ferner nicht bloſs das Ausströmen der Wärme, sondern auch das Einströmen derselben bedeutend verstärkt, und noch mehr, wenn diese Bekleidung mit Tusch geschwärzt war. Gegen die Annahme eigener Kältestrahlen erklärte sich vorzüglich Prevost, indem nach seiner Ansicht die stärkeren Wärmestrahlen heifserer Körper die schwächeren kälterer überwinden; inzwischen hat schon Pictet die Sache richtig aufgefafst, und es bedarf zur Erläuterung dieser Phänomene keiner so ausführlicher Untersuchungen, als Aingen[1] ihnen gewidmet hat.

In einem am 25sten Juni 1804 im Institute vorgelesenen Mémoir wiederholt Rumford[2] die Resultate dieser seiner Versuche, hauptsächlich um zu beweisen, dafs es keinen Wärmestoff gebe, sondern dafs die diesem beigelegten Phänomene der Wärme- und Kältestrahlen herrühren, wobei er jedoch gesteht, dafs diese auch in Undulationen des Aethers bestehn können, welcher die Molecüle der Körper umgiebt und ihre Pulsion bewirkt. Als belehrender Zusatz ist aber zu bemerken, dafs die Dicke der Ueberzüge blanker Metallflächen den Einfluſs auf die Zeit des Erkaltens ausübt. Ohne Ueberzug erfolgte die Erkaltung um gleiche Grade in 45 Min.; mit einer Lage Firnifs in 31 Min., bei zwei Lagen in 25,25 Min., bei vier Lagen in 20,75 Min. und bei acht Lagen in 24 Minuten.

231) Gleichzeitig mit Rumford wandte sich auch Leslie[3]

1 The Quarterly Journ. New Ser. N. XIV. p. 378.
2 Mémoires. p. 129.
3 Inquiry into the nature of Heat. Lond. 1804. 8. Vergl. Phi-

zur Untersuchung dieser Aufgabe, wiederholte namentlich d durch Pictet angestellten Versuche, und erweiterte diese in sofern, als er nicht blofs die Oberfläche der Spiegel, sowo der metallenen als auch der gläsernen, sondern auch die K geln seines Differentialthermometers, dessen er sich auf glei Weise, als Rumford seines Thermoskops bediente, mit d verschiedensten Substanzen bekleidete, um deren Ein- u Ausstrahlungsvermögen zu bestimmen. Indem er die Wirkun eines gläsernen Hohlspiegels untersuchte, den er foliirt und ni foliirt, mit polirter und rauh gemachter Oberfläche anwandte, langte er zu der Ueberzeugung, dafs nicht blofs die Oberfläche Körper, sondern auch ihre eigentliche Beschaffenheit das Str lungsvermögen bedinge, was jedoch schwerlich begründet s dürfte, wenn auch Glas, als transparenter Körper, hierauf f ren sollte; überhaupt erfordert der Durchgang der Wärme d transparente Körper eine specielle Untersuchung. Die bis hin erhaltenen Resultate wurden bedeutend erweitert durch Anwendung eines *hohlen Würfels* aus Metallblech, am be Messing- oder Kupferblech, von 4 bis 6 Zoll Seite. Da obere und untere Fläche solcher Würfel nicht in Betrach kommen, so sind blofs die vier Seitenflächen zu berücksi gen. Diese werden in allen Beziehungen einander gleich wählt, dann bleibt die eine äufsere Fläche polirt, die drei dern werden aber mit verschiedenen Substanzen bedeckt, Leslie Lampenrufs, Schreibpapier und Kronglas wählte[1]. der obern Fläche befindet sich eine Oeffnung mit koni Röhre zum Eingiefsen des heifsen oder eiskalten Wa durch welche man zugleich ein Thermometer einsenken k und auf der Mitte wird ein hölzerner Knopf zum bequem

---

los. Trans. 1816. P. 1. Wiederholung seiner Versuche durch H Hudson in London and Edinb. Phil. Mag. N. XL. p. 297.

1 Zweckmäfsig ist die eine Seite polirt, die zweite mat schliffen, die dritte mit Lampenrufs und die vierte mit verschie farbigen Stoffen überzogen zu wählen. Uebrigens habe ich gefun dafs solche Würfel durch längeren Gebrauch weniger wirksam den, vermuthlich weil die innern Flächen durch etwas Schmuz i Einfluss verlieren. Interessant ist bei einem solchen Würfel, daf gleichzeitiger Näherung zweier Finger in gleichen Abständen die po Seite kalt, die mit Papier beklebte heifs scheint, bei der Berüh aber das Gegentheil eintritt.

Digitized by Google

Manipuliren angebracht. Nähert man abwechselnd die verschiedenen Seiten einem Lufthermometer in gleichen Entfernungen, so gewahrt man den Unterschied des Strahlungsvermögens. Leslie glaubt auch gefunden zu haben, dafs der Focus der Wärmestrahlen näher am Spiegel liege, als der der Lichtstrahlen, was jedoch später nicht besonders beachtet und bestätigt worden ist. Derselbe hat die verschiedenen Substanzen nach ihrem Ausstrahlungsvermögen geordnet. Hiernach ist dasselbe in relativen Zahlenbestimmungen ausgedrückt folgendes:

Lampenschwarz	100	Marienglas	80
Schreibpapier	98	Reifsblei	75
Harz	96	rauhes Blei	45
Siegellack	95	Queeksilber	20
Kronglas	90	blankes Blei	19
Tusche	88	polirtes Eisen	15
Eis	85	Zinnplatte	12
Mennig	80	Gold, Silber, Kupfer	12

Das Ausstrahlungsvermögen des Wassers nimmt er nach Schätzung zu 100 an, doch ist diese Bestimmung wohl sehr unsicher, und überhaupt kommt es ohne Zweifel sehr auf die Dicke der Ueberzüge an. Melloni[1] bestimmte vermittelst seines Thermomultiplicators und der Anwendung eines Leslie'schen Würfels mit siedendem Wasser das relative Ausstrahlungsvermögen von sechs Substanzen, und fand dasselbe für Kienrufs = 100, Bleiweifs = 100, Hausenblase = 85, Gummilack = 72, Metallfläche = 12. Auf gleiche Weise hat Leslie verschiedene Substanzen nach der verhältnifsmäfsigen Stärke ihres Reflexionsvermögens geordnet.

Messing	100	Blei	60
Silber	90	Zinnfolie in Queck-	
Zinnfolie	85	silber erweicht	10
Blockzinn	80	Glas	10
Stahl	70	Glas mit Wachs oder	
		Oel überzogen	5

1 Poggendorff's Ann. XXXV. 572.

Digitized by Google

Inzwischen ist nicht zu bezweifeln, dafs, wie beim Lichte, s auch bei der Wärme die Höhe der Politur einen grofsen Ei flufs ausübt. Auf eine interessante Weise und zugleich m Beziehung auf praktischen Nutzen hat R. W. Fox[1] das Str lungsvermögen ungleicher Flächen durch die Menge des ni dergeschlagenen Wasserdampfes bestimmt. Zwei gleiche h Würfel von Weifsblech, 4 Zoll Seite haltend, waren mit e nem Kessel so durch Röhren verbunden, dafs das in ih niedergeschlagene Wasser durch einen geöffneten Hahn ab das in den Röhren verdichtete aber in den Kessel zurück Die Oberfläche des einen Gefäfses war blank, die des and mit Lampenrufs geschwärzt, und das Verhältnifs der Strahl beider war 972 zu 1736 oder wie 1:1,786. Aeltere Vers ebendesselben[2], wobei er metallene Gefäfse mit heifsem W gefüllt, theils blank, theils mit geschwärzter Oberfläche, sich allein oder in andere etwas weitere Kästchen eingesch sen, unter einer Campane in atmosphärischer Luft oder in e antlirter erkalten liefs, beweisen im Allgemeinen, dafs die E kaltung im Vacuum langsamer, als in der Luft erfolgt. D Wirkung geschwärzter Oberflächen ist anderweitig genü bekannt, weniger aber, dafs das Hineinsetzen in die um benden Kästchen die Zeit des Erkaltens im Ganzen v kürzte.

232) Unter diejenigen, welche schätzbare Versuche üb Wärmestrahlung anstellten, gehört auch Maycock[3], dess Bemühungen zu ihrer Zeit mehr Anerkennung verdient hätt als ihnen zu Theil wurde, da er den Einflufs des Lich gänzlich ausschlofs, indem er ein Gefäfs mit heifsem Was in den Brennpunct des einen Spiegels stellte. Aufserd wandte er Tafeln von verschieden gefärbtem Glase zum Au fangen der Wärmestrahlen an, und bemerkte, dafs diese e ungleiche Menge derselben durchlassen, worauf wir hier bl deswegen nicht weiter eingehen, weil dieser Gegenstand neue dings viel gründlicher und in ungleich gröfserem Umfange b handelt worden ist. Eine grofse Menge Versuche über Wärm

---

1 Edinburgh Journ. of Science. N. XVIII. p. 232.

2 Philosoph. Magaz. or Annals. T. XI. p. 345.

3 Nicholson's Journ. T. XXVI. p. 75. Bibl. Brit. T. XL p. 213.

strahlung hat ferner PREVOST[1] angestellt; sie enthalten jedoch nicht sowohl nur Thatsachen, als vielmehr die Elemente zur Begründung seiner Theorie, von welcher weiter die Rede seyn wird. Die Versuche von DE LA ROCHE[2] waren hauptsächlich bestimmt, die Modificationen der Licht- und Wärmestrahlen kennen zu lernen, welche sie beim Durchgange durch verschiedene Arten Glas erleiden, inzwischen beweisen sie zugleich, man darf wohl sagen unzweifelhaft, einen allerdings hieher gehörigen Satz, dafs nämlich die Quantität Wärme, welche ein erhitzter Körper in einer gegebenen Zeit gegen einen in gewissem Abstande entfernten Körper ausstrahlt, unter übrigens gleichen Umständen in einem gröfseren Verhältnisse wächst, als in dem des Temperaturunterschiedes beider Körper. Unter die minder ausführlichen Behandlungen des Problems der Strahlung gehören auch die Versuche von RITCHIE[3]. Das *Differentialthermometer*, dessen er sich dabei bediente, bestand aus 2 bis 6 oder gar 8 Zoll im Durchmesser haltenden 0,25 bis 1 Zoll dicken hohlen Cylindern von Messingblech oder dünnen Zinnplatten, die durch eine U-förmig gebogene Glasröhre verbunden waren. Die grofse Menge der in diesen Cylindern enthaltenen Luft mufste beim geringsten Wechsel ihrer Temperatur den kleinen Cylinder der in der Glasröhre eingeschlossenen gefärbten Flüssigkeit durch einen grofsen Raum bewegen, und zugleich waren die äufsern Flächen der Cylinder mit Lampenrufs überzogen. Es ergab sich bei der Anwendung von Gefäfsen mit heifsem Wasser und erhitzten Metallkugeln im Ganzen, dafs die Intensität der Wärmestrahlung den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional ist. Man nimmt dieses Gesetz sehr allgemein als gültig an, und auch wenige Versuche dienen zur Unterstützung desselben, da man es ohnehin als theoretisch wohl begründet betrachten mufs. LESLIE[4] fand jedoch aus seinen Versuchen mit dem Photometer, dafs die Abnahme der Intensität dem einfachen Verhältnifs der Abstände sehr nahe proportional sey, und er sucht dieses

1 Essay sur le Calorique rayonnant. Genève 1809.

2 Journ. de Physique. T. LXXV. p. 201. Annals of Philos. T. II. p. 100.

3 Edinburgh Journ. of Science. N. XIV. p. 350.

4 An exper. Inquiry into the nature and propag. of Heat. exp. 15 u. 16.

Digitized by Google

mit seiner Theorie zu vereinigen, obwohl andere Versuche ih
auf das Gesetz der Abnahme nach dem umgekehrten quadratisch
Verhältnisse führten. Melloni[1] hat nicht blofs durch gena
Versuche die Gültigkeit dieses Gesetzes völlig erwiesen, so
dern auch die Ursachen aufgefunden, welche Leslie's Irrth
herbeiführten.

233) Bei allen diesen Untersuchungen bleibt die Frage u
beantwortet, ob durch gleiche Beschaffenheit der Oberfläch
ebenso die *Einstrahlung* als die *Ausstrahlung* der Wärme b
dingt wird. Zur Beantwortung derselben hat Ritchie[2] Ve
suche mit einem eigens hierzu verfertigten, sehr zweckmäfs
gen Apparate angestellt. Dieser besteht aus einem grofsen D
Fig. *ferentialthermometer* mit Cylindern vom dünnsten Eisenble
47. F und G, welche 3 bis 4 Z. hoch und 1 Z. dick auf die E
den einer an beiden Seiten rechtwinkelig aufgebogenen Gl
röhre aufgesteckt sind. Der horizontale Theil A B dieser Gl
röhre ist etwa 1 Fufs lang, jeder aufwärts gebogene A
A D, B C vier bis fünf Z. hoch und oben in die Kugeln
und D aufgeblasen, um mehr Flüssigkeit aufzunehmen u
ihr Eindringen in die hohlen Cylinder zu verhindern. D
innere Hälfte des einen der beiden Cylinder ist durch Lampe
rufs geschwärzt oder mit einem sonstigen, die Strahlung b
fördernden Ueberzuge bedeckt, der andere behält seine blan
Oberfläche bei. In der Mitte der Glasröhre wird eine hölzer
Säule aufgerichtet und auf diese ein hohler Cylinder a
dünnstem Weifsbleich von gleicher Höhe und Dicke, als d
beiden an den Enden der Glasröhre, gesteckt, dessen eine v
ticale Hälfte gleichfalls geschwärzt oder mit einem gleich
Ueberzuge versehn ist. Wird der mittlere Cylinder mit heifs
Wasser gefüllt und seine geschwärzte Seite der blanken d
äufseren Cylinders gegenüber gestellt, so bleibt die Flüssigk
im Differentialthermometer unbeweglich, steigt aber augen
blicklich, wenn die geschwärzte gegen die gleichfalls g
schwärzte des äufseren Cylinders gerichtet ist, woraus also he
vorgeht, dafs die Stärke der Ausstrahlung von der Stärke d

---

1 Mém. de l'Acad. T. XIII. p. 572. Bibl. univ. T. XIII. p. 37
Poggendorff's Ann. XXXIX. 566. XLIV. 124.

2 Journ. of the Royal Inst. N. IV. p. 305. Poggendorff's An
XXVIII. 378.

Digitized by Google

Einstrahlung bei der Gleichheit der Oberfläche gleicher Körper nicht verschieden ist. Inzwischen beweiset dieser Versuch blos für Kienruſs unter ganz gleichen Bedingungen, ist aber damit noch nicht für alle übrige Substanzen gültig, wie Melloni's[1] Versuche beweisen. Dieser überzog gleiche Kupferscheiben mit den Substanzen, deren Absorptionsvermögen er untersuchen wollte, stellte sie vor die thermoelektrische Säule, liefs die Strahlen einer Lampe ohne Schirm darauf fallen und beobachtete die Ablenkungen der Nadel. Auf diese Weise erhielt er für Kienruſs 100, Bleiweifs 53, Hausenblase 52, Lack 96, Gummilack 43, Metallfläche 14. Diese Gröfsen stimmen mit den (§. 231) für die Ausstrahlung gefundenen nicht überein, auch ergeben später (§. 264) zu erwähnende Versuche, dafs das Absorptionsvermögen der Körper anderen Bedingungen, als das Ausstrahlungsvermögen unterliegt, weswegen wir hier auf diese Untersuchungen verweisen.

234) Zuerst Rumford[2] und nach ihm mehrere Andere haben von dem Einflusse der Oberflächen der Körper auf die Aus- und Einstrahlung der Wärme Anwendungen auf technische und sonstige Einrichtungen gemacht. Es liegt nämlich sehr nahe, dafs man so oft ebensowohl die Ausstrahlung, als auch die Einstrahlung der Wärme zu verhüten strebt, dafs man hierzu die Farbe oder die Rauheit der Oberflächen benutzen könne. So werden blanke Küchengeschirre die Wärme weniger einströmen lassen und daher gröfsern Aufwand an Feuerungsmaterial erfordern, blanke Röhren dagegen die Wärme, die man den Zimmern zuzuführen wünscht, nicht genügend ausstrahlen lassen, und Oefen mit rauher Oberfläche sind aus diesem Grunde vortheilhafter als mit glasirter. Benutzt man die durch Röhren geleiteten Wasserdämpfe zum *Heizen der Zimmer*[3], so dürfen diese Röhren nicht blank seyn, denn Tredgold[4] findet das Ausstrahlungsvermögen von Weifsblech = 100, von Glas = 155, von Eisenblech mit glatter schwarzer Oberfläche = 156 und von Eisenblech mit brauner Oberfläche = 180,

---

1 Poggendorff's Ann. XXXV. 572.
2 Mémoires. p. 123.
3 S. Art. *Dampf*. Bd. II. S. 406.
4 Grundsätze der Dampfheizung u. s. w. Ueb. von Kühn. Leipz. 1836. S. 32.

Digitized by Google

weswegen letzteres für diesen Zweck am geeignetsten i
Rumford[1] bemerkt auch, dafs in silbernen Kannen ein besse
Thee gemacht wird, als in irdenen, weil das Wasser die z
Ausziehn der Blätter erforderliche Siedehitze länger beh
Vermuthlich beruht auf der schwierigen Einströmung der W
me in blanke Flächen die allgemein beobachtete Thatsac
dafs die Stubenfliegen sich zur Herbstzeit so gern auf bla
Gegenstände, vergoldete Rahmen u. s. w. zu setzen pflegen

235) Obgleich eine Erklärung der bisher erörterten Th
sachen erst nach der Betrachtung aller damit zusammenhäng
der und verwandter Phänomene gegeben werden kann, so dü
es doch angemessen seyn, dasjenige vorläufig hier beizubring
was sich zunächst auf die Wirkungen der Oberflächen bezi
Man nimmt allgemein an, und insbesondere ist dieses am
stimmtesten durch Leslie ausgedrückt worden, dafs die blan
Flächen, als solche, die Strahlung hindern, allein Melloni
verwirft diese Ansicht. Zuerst fand er, dafs Elfenbein, Mar
und Gagat durch die Politur keine Aenderung des Strahlu
vermögens erleiden und die Erscheinung also blofs bei Me
len statt findet, bei denen er dann die Ursache davon able
dafs polirte Flächen härter sind und durch die Politur hä
werden, welche Härte dann der Strahlung widerstehn
Einen directen Beweis hierfür glaubte er durch Silber fü
zu können, indem gegossene Platten, wenn sie mit mögl
ster Vermeidung von Druck polirt waren, nach Wegna
der Politur durch Schmirgelpapier sogar weniger strahlten,
die polirten, statt dafs bei gehämmerten das Gegentheil
fand. Wie scheinbar beweisend indefs diese Versuche
seyn mögen, so mufs man doch wohl erwägen, dafs d
Härte der Metalle zwar nach Wegnahme der Politur d
Schmirgelpapier als verschwunden zu betrachten seyn kö
aber nicht beim Ueberziehn mit Lampenrufs, und sie mi
daher in diesem Falle nicht aufhören, die Strahlung zu
dern, wenn sie es überhaupt vermöchte.

236) Leslie[3] nimmt an, dafs die Wärme von strah

1 A. a. O. G. LI. 338.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. LXX. p. 435. Edinburgh New
Journ. N. LII. p. 299. l'Institut. 6me Ann. N. 241. Poggend
Ann. XLV. 57. Compt. rend. T. VII. p. 298.

3 Hauptsächlich in: Relation of Air to Heat and Moisture. p.

den Körpern an entfernte durch Undulationen der Luft fortgeführt werde, wobei er sich auf die Analogie mit dem Schalle beruft, zugleich aber gesteht, dafs es schwer sey, die eigentliche Art, wie die Strahlung geschehe, klar nachzuweisen, was auch unzweifelhaft der Fall ist. Nach seinen eigenen Worten geschieht die Fortpflanzung nicht durch ein Strömen der Luft, denn die Bewegung, selbst die gewaltsamste, hat keinen Einfluss darauf, und die Luft mufs also, ohne ihren Ort zu verändern, die Eindrücke, die sie durch eine Art undulatorischer Bewegung erhält, auf gleiche Weise verbreiten, wie sie die Eindrücke des Schalles fortpflanzt. Wenn die Luftheilchen, welche dem heifsen Körper am nächsten sind, natürlich Wärme von diesem aufnehmen, so dehnt sich die Luft aus und beginnt hiermit die Kette der Pulsationen. Indem diese die Oberfläche der Körper berührende Schicht sich wieder zusammenzieht, giebt sie ihren Ueberschufs von Wärme an die nächste ab, die dadurch zur Expansion kommt, und so gehen die Wellen nach allen Seiten fort.

Gegen diese Ansicht, dafs die Luft hierbei als Vehikel diene, streitet aber die durch Lambert[1] gemachte Erfahrung, dafs die Strahlung in verdünnter Luft noch besser statt findet, worauf sich auch de Saussure[2] bezieht, insbesondere aber Sir H. Davy[3] durch einen eigenen Apparat dargethan, dafs in einmal verdünnter Luft die Strahlung dreimal stärker ist, als in solcher unter atmosphärischem Drucke. Wird nämlich der feine Platindraht a durch den Strom einer Volta'schen Säule Fig. 48. glühend gemacht, so fängt der Spiegel S′S′ die Wärmestrahlen auf, sendet sie zum Spiegel SS und bringt das Thermometer t im Brennpuncte desselben zum Steigen. Um den Einfluss der Verschiedenheit der Flächen, z. B. der metallischen und nicht metallischen, der polirten und rauhen, mit seiner Hypothese in Einklang zu bringen, nimmt Leslie seine Zuflucht zu einer mehr oder minder innigen Berührung der Luft mit den Flächen, wonach z. B. die Luft von polirten Metallflächen mindestens 0,002 Z. Abstand haben soll. Hiergegen

1 Pyrometrie. sect. 492.
2 Essay sur l'Hygrométrie. p. 232.
3 Library of useful knowledge. T. I. Heat. p. 31. Vergl. Henry Elements of Chimistry. T. I. p. 83.

erinnert aber Ritchie[1] mit Recht, dafs die Wärme, sobal sich einmal durch einen leeren Raum von 0,002 Z. bew kann, sich auch durch einen gröfsern zu bewegen im S seyn müfste. Insbesondere aber stellte Letzterer ihm die sultate seiner Versuche entgegen[2], wonach die Wärmestr auch die nicht leuchtenden, sehr dünne, fast Newton'sche ben zeigende Glasscheiben und Häutchen von Eiweifs od was klebrig gemachtem Wasser durchdringen, was geradez gen eine Bewegung der Luft streite. Leslie suchte zwa sen Einwurf durch die Hypothese zu beseitigen, daf Wärme sich der einen Seite der Schirme mittheile un der andern dann wieder abgegeben werde, womit Brew insofern übereinstimmt, als nach ihm die Wärme gar durch transparente Schirme dringen, sondern namentlic Glas auf der einen Fläche erwärmen und dann von de dern durch secundäre Schwingungen wieder abgegeben w soll; bekanntlich aber werden solche transparente Schirme nicht warm. Die ganze künstlich selbst geschaffene Sc rigkeit liegt offenbar blofs darin, dafs Leslie Bedenken dem überall verbreiteten Wärmestoffe Undulationen beizu was doch bei der auffallenden Aehnlichkeit zwischen und Wärme ebenso einfach als sachgemäfs gewesen wäre dieser so nahe liegenden Hypothese ist man sogar vorläuf Mühe überhoben, die Aetiologie der Wirkungen polirter chen und des Unterschiedes ihres Verhaltens von dem de hen nachzuweisen, da die Lichtwellen durch ebendies gleiche Weise affiicirt werden. Als genügend dürfte in letzten Beziehung die Erklärung wohl nicht erscheinen, w Leblanc[4] giebt, wonach das stärkere Strahlungsver rauher Oberflächen eine Folge davon seyn soll, dafs sie durch die Rauheit mehr Berührungspuncte darbieten solle

---

1 Edinburgh Journ. of Sc. N. XV. p. 137.

2 Philos. Trans. 1826. Edinburgh Journ. of Science. N. p. 848.

3 Philos. Trans. 1816. p. 106.

4 L'Inst. 6me Ann. N. 252. p. 846.

Digitized by Google

β) Gesetze des Erkaltens.

237) Wir haben bisher die Oberflächen der Körper nur insofern betrachtet, als sie ohne Rücksicht auf die durch dieselben eingeschlossenen Körper die Wärmestrahlen theils eingehen oder herausdringen lassen, theils zurückwerfen und zurückhalten; wir müssen sie aber nothwendig auch in ihrer Beziehung zu den eingeschlossenen Massen und die letzteren selbst rücksichtlich ihres Verhaltens zur Wärme betrachten, um dann zu den vielfach untersuchten Gesetzen der *Abkühlung* und der damit eng verbundenen, ihr entgegengesetzten *Erwärmung* führt. Sollen diese für sich und ohne Rücksicht auf den Einfluſs der umgebenden Medien untersucht werden, was das eigentliche Ziel der Aufgabe seyn müſste, so würde gefordert werden, bloſs die im luftleeren Raume angestellten Versuche zu berücksichtigen; da aber solche mit unüberwindlichen Schwierigkeiten verknüpft sind, so wurden die meisten in ruhiger und trockner Luft angestellt, unter der Voraussetzung, daſs diese auf die Abkühlungsgesetze keinen bedeutenden Einfluſs habe oder mindestens auf diesem Wege vergleichbare Resultate zu erlangen seyen. Erkaltet ein Körper im absoluten Vacuum, so geschieht dieses bloſs durch Strahlung, und die Gesetze hierüber können rein dargestellt werden; befindet er sich aber in irgend einer Umgebung, so entzieht diese ihm durch Berührung gleichfalls einen, nach ihrer eigenthümlichen Beschaffenheit verschiedenen Theil seiner Wärme, und die Erscheinung wird verwickelter. Hieraus wird sehr erklärlich, warum die Resultate über dieses Problem so verschieden ausgefallen sind. Uebrigens ist diese Aufgabe von vielen bedeutenden Männern und in solcher Ausführlichkeit behandelt worden, daſs es nicht leicht ist, sich bei einer übersichtlichen Zusammenstellung ihrer Arbeiten kurz zu fassen.

238) Theoretisch wurde diese Aufgabe zuerst behandelt durch Newton[1]. Dieser dachte sich, um einen besseren Anhaltpunct zu haben, eine Kugel, und nahm an, daſs diese, aus einer unendlichen Menge dünner Kugelschichten bestehend, zunächst die Wärme der äuſsersten abgebe, die dann durch die

1 Philos. Trans. 1701. N. 270. Princ. L. III. Prop. VIII. Coroll. Opusc. T. II. p. 423. opusc. XXI.

eingesetzten von der Decke aus sechs Lichtkronen. Die Kirche besitzt 6 Altäre, 4 Beichtstühle, 1 Kanzel, 1 Orgel, 1 Sakristei, 1 Gruft, 1 Turm mit 3 Glocken. Auf der Empore befindet sich eine Orgel mit 18 klingenden Registern, 2 Manualen und 1 Pedal. Im Turm befinden sich 3 Glocken, und zwar: die kleinste, 1 Zentner 50 Pfund schwer, hat den Ton fis; die mittlere, 2 Zentner 50 Pfund schwer, hat den Ton h; die grösste, 4 Zentner 50 Pfund schwer, hat den Ton d. Die Kirche besitzt 1 Monstranz, 1 Ziborium, 1 Kelch, 1 Kreuz, 1 Kasel, 1 Dalmatik, 1 Pluviale, 1 Velum, 1 Antependium, 1 Kommunionbank, 1 Kommunionschranke, 1 Kommunionteppich, 1 Kommunionkasel, 1 Kommunionstola, 1 Kommunionmanipel, 1 Kommunionvelum, 1 Kommunionkelch, 1 Kommunionkreuz, 1 Kommunionleuchter, 1 Kommunionbuch

hatte, weil er den eigentlichen Sinn Newton's nicht verstand. Barnaart[1] folgerte anfangs aus seinen Versuchen, dafs Musschenbroek der Wahrheit näher gekommen sey, indem er annehme, dafs von der geometrischen Progression eine arithmetische abzuziehn sey, wenn man das Gesetz der Abkühlung genau bestimmen wolle. Kraft und nach ihm Richmann[2] fanden, dafs das Newton'sche Gesetz mindestens annähernd richtig sey, wenn der Ueberschufs der Wärme des erkaltenden Körpers über die der Umgebung nicht mehr als etwa 25° bis 27° C. betrage, für höhere Temperaturen aber nicht ausreiche. Dagegen zeigte Lambert[3] die Uebereinstimmung desselben, ohne diese Beschränkung, sowohl mit theoretischen Principien, als auch mit den Resultaten seiner eigenen Versuche, und entwickelte Formeln zur Berechnung der verschiedenen Gröfsen; allein Erxleben[4] folgerte aus seinen Versuchen, dafs man sich stets weiter von der Wahrheit entfernen werde, je gröfser der Unterschied der Temperaturen des erkaltenden Körpers und seiner Umgebung sey, und dafs man daher das Newton'sche Gesetz nicht weiter ausdehnen könne, als die Erfahrung reiche[5]. In seinen Untersuchungen über das Verhalten der Wärme berührte Leslie[6] gleichfalls diese Aufgabe, und gelangte durch seine Versuche dahin, dafs das Newton'sche Gesetz im Allgemeinen als gültig anzunehmen sey, jedoch erfordere die Beschaffenheit der Oberfläche des abkühlenden Körpers einen merkbaren Unterschied. Nach ihm verliert der Körper seine Wärme theils durch die eigenthümliche ableitende Kraft der Luft, theils durch das Aufsteigen der durch Berührung erwärmten Luft, theils endlich durch wirkliche Strahlung, und da Letzteres die eigentliche Aufgabe betrifft, so sucht er diese drei Gröfsen zu trennen, ohne dabei auf Versuche, im leeren Raume angestellt, zu fufsen. Dalton[7] prüfte Leslie's

---

1 Dissert. inauguralis. Traj. ad Rhen. 1772.
2 Nov. Comm. Petrop. T. I. p. 174.
3 Pyrometrie §. 254 ff.
4 Nov. Comm. Soc. Gott. T. VIII. p. 74.
5 Buffon's Versuche über das Erkalten von Kugeln in Hist. T. V. ed. Sonnini übergehe ich, weil die thermometrischen Bestimmungen zu wenig genau sind.
6 Inquiry into the nature of Heat. Lond. 1804.
7 Ein neues System des chemischen Theiles der Naturwissen-

Digitized by Google

Sätze, die er im Ganzen als gültig anerkennt, zum Theil al widerlegt, den wesentlichsten Theil seiner Untersuchungen b den aber vier Versuchsreihen, durch welche er selbst un verschiedenen Modificationen das angegebene Gesetz bestät fand, wonach die Temperaturen für gleiche Zeitintervalle einer geometrischen Progression abnehmen. Dieses Resultat aber nach DALTON nur dann richtig, aber auch absolut ric tig, wenn die gewöhnliche Thermometerscale nach seiner A gabe abgeändert wird, worauf jedoch die Physiker bis je noch nicht eingegangen sind.

240) Die französischen Gelehrten haben viel für die A hellung dieses Problems gethan; wir besitzen von ihnen sehr gehaltreiche Abhandlungen, unter denen die von DE ROCHE[1] den Anfang macht. Dieser folgerte aus seinen Ver chen, dafs das Newton'sche Gesetz, wonach zwei Körper verschwindend kleinen Zeiten sich wechselsweise von il freien Wärme eine ihren ungleichen Wärmemengen oder Unterschiede der Temperaturen beider proportionale Menge m theilen müssen, nur annähernd, und zwar für geringe Tem raturunterschiede, nicht aber allgemein, gültig sey. Für Te peraturen unter 200° C. gebrauchte er ein eisernes, mit Que silber gefülltes Gefäfs, dessen Temperatur er vermittelst e eingesenkten Thermometers mafs, für höhere Temperatu wählte er eine kupferne Kugel, die er bis zum Glühen hitzen konnte und deren Wärme in einem solchen Zust er aus derjenigen Quantität bestimmte, die sie, mit Rück auf die verschiedene Wärmecapacität beider Körper, einer messenen Menge Wasser mittheilte. Zum Messen der gestrahlten Wärme diente ihm ein feines Thermometer mit schwärzter Kugel, in andern Fällen aber wandte er k Würfel von Eis an, deren Gewicht genau bestimmt und die erhaltene Wärme aus dem Antheile, der von ihnen in gebener Zeit geschmolzen war, gemessen wurde. Um au

---

schaft. Th. I. S. 114 ff. W. RITCHIE in Edinb. Phil. Journ. N. X p. 231. XXIII. p. 15 stellt gleichfalls Betrachtungen über LESLIE's hauptungen an, die mir aber von untergeordnetem Werthe zu scheinen.

1 Sur le calorique rayonnant. In Journ. de Phys. T. LXXI 201. Nach der Darstellung in BIOT Traité. T. IV. p. 628.

Digitized by Google

andere Wirkungen zu erhalten, bediente er sich zweier Pictet'-chen Spiegel, nachdem er sich überzeugt hatte, dafs hierdurch ein anderer Effect, als durch directe Einwirkung erzeugt wer-e. Die hierbei erforderlichen Vorsichtsmafsregeln, um ander-weitige störende Einflüsse, namentlich der umgebenden Luft, zu entfernen, blieben von ihm nicht unberücksichtigt. Bei dem Versuche wartete er, bis das Thermometer, welches die Wärmestrahlen auffing, stationär wurde, und wenn dann die Grade dieses letzteren durch t, die Grade des hunderttheiligen Thermometers im Quecksilber durch T ausgedrückt werden, so gaben zwei Reihen von Versuchen folgende Gröfsen:

Erste Reihe.

Nr.	T	t
Versuch 1	81°	4°,7
2	89	4,5
3	131	9,1
4	172	13,1
5	175	14,6
6	205	17,4

Zweite Reihe.

Nr.	T	t
Versuch 1	41°,4	1°,69
2	42,3	1,69
3	42,4	1,46
4	80,2	3,56
5	80,8	3,56
6	82,4	3,56
7	134,0	7,06
8	135,3	7,57
9	158,5	10,73
10	162,1	9,66
11	175,4	12,32
12	187,5	13,52

Wenn man die Werthe der T als Abscissen nimmt und die Werthe der t als Ordinaten darauf fällt, so läfst sich der unvermeidlichen Abweichungen ungeachtet die erhaltene Curve durch die Gleichung

$$t = a\,T + b\,T^3$$

ausdrücken, worin a und b zu bestimmende Constanten sind. Er hat dieselben bestimmt, und findet, dafs hiernach die Beobachtungen mit der Theorie sehr gut übereinstimmen, indefs bestätigt sich die Angabe des Delaroche, dafs die Abweichung vom Newton'schen Gesetze sehr schnell abnimmt und bei Temperaturen, die 100° C. nicht übersteigen, gänzlich verschwindet. Die Berechnung einiger andern Versuchsreihen mit einer kupfernen Kugel, deren Temperatur auf die angegebene Weise in dem Momente gefunden wurde, als das Thermometer stationär war, solcher, wobei Thermometer mit geschwärzten und freien Kugeln oder auch schmelzende Eisstücke die

ändert, indem es sonst durch anderes ersetzt werden müf um es bei constanter Wärme zu erhalten. Bei zwei Versuc reihen, in denen Schwefelsäure zuerst erwärmt und dann ab kühlt wurde, war für die erste der Werth von $\frac{a}{M} = 0{,}0010239$ und für die zweite $\frac{a}{M} = 0{,}0004841826$, welches zeigt, die Erwärmung schneller, als das Erkalten fortschritt; da bei beiden die nach der angegebenen Formel berechneten W the mit den beobachteten bis auf geringe Unterschiede üb einstimmten, so liegt hierin ein Beweis, dafs das durch Ne TON aufgestellte logarithmische Gesetz auf diese Phänom innerhalb der Grenzen der in den Versuchen statt gefunde Temperaturen anwendbar sey.

242) Die ausgedehnteste Reihe mit gröfster Umsicht an stellter Versuche haben DULONG und PETIT[1] in ihrer beka ten Preisschrift über dieses Problem geliefert. Sie unterscl den zuvörderst die Gesetze der Abkühlung im leeren Ra von der in flüssigen Medien[2], und bemerken zugleich rich es müsse eigentlich ein so kleiner Körper untersucht wer dafs alle seine Theilchen als gleich warm zu betrachten wä was aber eine unmögliche Aufgabe seyn würde. Um di die Schwierigkeit möglichst zu umgehen und die Verbreit der Wärme von seinem Centrum bis zur Oberfläche vorlä auszumitteln, wählten sie Flüssigkeiten als diejenigen S stanzen, bei denen sie die Gesetze der Abkühlung aufzusuc beabsichtigten, und zwar zuerst das in der Thermometerku eingeschlossene Quecksilber. Dabei wurde aber vorläufig fordert, den Einflufs der Gröfse des erkaltenden Körpers a zumitteln und zu erforschen, ob die Gesetze des Erkaltens m

---

1 Ann. de Chim. et Phys. T. VII. p. 225. Thomson's Annal Philos. T. XIII. p. 113. Journ. de Phys. T. LXXXVI. Schweigg Journ. XXV. 304.

2 Da es zu weit führen würde, alle die älteren zahlreichen V suche mitzutheilen, so begnüge ich mich, die von PICTET angestel nur beiläufig zu erwähnen. Er hing ein Thermometer in einen gläser Ballon auf, erhitzte dasselbe durch Wärme von Kerzen, die du einen Metallspiegel reflectirt wurde, und mafs die Zeit des Erkalt im leeren Raume und in verschiedenen elastischen Flüssigkeiten. Versuch über das Feuer Cap. IV., V. u. VI. S. 81 ff.

Digitized by Google

von der Natur der Flüssigkeiten oder von der Gestalt und Beschaffenheit der Hülle abhängen, worin sie eingeschlossen sind. Zur Berechnung dienten folgende Elemente. Wäre der Unterschied der Temperaturen des erkaltenden Körpers und des umgebenden Mediums in den Zeiten $0'$, $1'$, $2'$, $3'$, ... $t' = A, B, C$ ..... T, so würde unter Voraussetzung der Richtigkeit einer geometrischen Progression $B = Am$, $C = Am^2$ seyn, worin m einen für verschiedene Flüssigkeiten besonders zu bestimmenden Coefficienten bezeichnet. Sie fanden jedoch bald, dafs dieses Newton'sche Gesetz für höhere Temperaturen nicht genügt, und sie erhielten daher den Ausdruck $Am^{\alpha t + \beta t^2}$, worin die Gröfsen α und β zu bestimmen sind, um die Fehler der unmittelbaren Beobachtungen zu corrigiren. Zuerst verglichen sie 3 Thermometer A, B, C, deren Kugeln 2, 4 und 7 Millim. Durchmesser hatten, berechneten nach der angegebenen Formel die beobachteten Abkühlungen und erhielten hiernach folgende Resultate:

Temperaturunterschied	Abkühlung des Therm. A.	Abkühlung des Therm. B.	Abkühlung des Therm. C.
100°	18°,92	8°,97	5°,00
80°	14,00	6,60	3,67
60°	9,58	4,56	2,52
40°	5,93	2,80	1,56
20°	2,75	1,30	0,73

Nimmt man die Verhältnisse der zweiten zur dritten Columne (A:B), so erhält man:

2,11 .... 2,12 .... 2,10 .... 2,12 .... 2,11;

der zweiten zur vierten Columne:

3,78 .... 3,81 .... 3,80 .... 3,80 .... 3,77.

Es ergiebt sich aus der Gleichheit dieser Verhältnisse, dafs die ungleiche Gröfse der Thermometer innerhalb derjenigen Grenzen, bis zu welcher die Versuche sich erstreckten, auf den Gang der Abkühlung keinen Einflufs ausübt. Zunächst suchten sie auszumitteln, ob die Gesetze der Abkühlung bei verschiedenen Flüssigkeiten ungleich sind, und da die damalige Unbekanntschaft mit dem Gange der Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten durch Wärme nicht erlaubte, mit den zu unter-

Digitized by Google

suchenden Flüssigkeiten gefüllte Thermometer anzuwenden, s wählten sie ein anderes Verfahren, nämlich den Gang des Er kaltens verschiedener Flüssigkeiten in der nämlichen Hülle z beobachten. Ein eingesenktes Thermometer zeigte die jede zeitige Temperatur, und es ergab sich bald, dafs diese an al len Stellen gleich war, was ihnen eine Folge der Wärmele tung im Innern zu seyn schien[1]. In drei Versuchsreihen, i denen Quecksilber mit Wasser, absolutem Alkohol und co centrirter Schwefelsäure verglichen wurden, zeigte sich, da bei allen Flüssigkeiten das nämliche Gesetz der Erkaltung st findet. Ferner suchten sie den Einfluſs der Hüllen auf d Gesetz des Erkaltens auszumitteln und wählten daher Kuge eine von Glas, die andere von Zinnblech, mit Wasser gefü welche folgende Resultate gaben:

Unterschied der Temperatur	Abkühlung der Glaskugel	Abkühlung der Zinnkugel	Verhältnifs
60°	1°,39	0°,90	1,54
50	1,13	0,73	1,55
40	0,85	0,54	1,57
30	0,62	0,38	1,63
20	0,37	0,21	1,76

Die Zahlen der vierten Columne wachsen stets, und es ergi sich hieraus, dafs die Abkühlung in Glas langsamer fortschr tet. Leslie hatte dieses bereits gefunden und daher als Re aufgestellt, dafs diejenigen Hüllen am schnellsten abkühl welche am wenigsten strahlen, Dulong und Petit aber fa den, dafs die Temperaturen hierbei einen Unterschied herb führen, indem der Gang der Erkaltung, welcher für gering Temperaturen der schnellste ist, in höhern der langsamste wi In der gegebenen Uebersicht nehmen die in der vierten C lumne enthaltenen Verhältnisse ab, wie die Temperaturen hö

1 Dieses Resultat ist auffallend. Zwar beschränken die Be achter diesen Satz blofs auf die geringen Massen, womit sie expe mentirten, übrigens aber ist bekannt, dafs bei Flüssigkeiten im Z stande der Ruhe, besonders bei Wasser, die wärmeren Theile st emporsteigen, die kälteren herabsinken, worauf namentlich die V suche zur Auffindung des Maximums der Dichtigkeit beruhn. §. 479.

Digitized by Google

ben. Es ist daher Temperatur, wenn sie die Art hat, daß sie Strahlung, Licht, Elektrizität, Magnetismus, Bewegung, Arbeit, Wärme oder Kälte hervorbringen kann. Auch Schwere, so dürfen wir hinzufügen, ist Kälte, ist Arbeit, ist Wärme, ist Elektrizität, ist Magnetismus, Licht, Strahlung, Bewegung, Arbeit, weil sie gleichfalls Temperatur ist.

Die Temperatur ist also die Grundlage, auf welcher sich alle Kräfte aufbauen, und sie ist es, welche sich in alle Kräfte umsetzt. Sie ist es, welche sich in Strahlung, Licht, Elektrizität, Magnetismus, Bewegung, Arbeit, Wärme und Kälte umsetzt, sie ist es, welche sich in Schwere, in Kälte umsetzt.

Die Strahlung der Elektrizität ist ebenso, wie die Strahlung der Wärme, eine Strahlung der Temperatur. Sie ist es, welche sich in Strahlung, Licht, Elektrizität, Magnetismus, Bewegung, Arbeit, Wärme und Kälte umsetzt. Sie ist es, welche sich in Schwere, in Kälte umsetzt. Sie ist es, welche sich in Strahlung, Licht, Elektrizität, Magnetismus, Bewegung, Arbeit, Wärme, Kälte und Schwere umsetzt.

Es ist daher die Temperatur, welche sich in alle Kräfte umsetzt, die Grundlage, auf welcher sich alle Kräfte aufbauen.

Die Strahlung, die Elektrizität, das Licht, der Magnetismus, die Bewegung, die Arbeit, die Wärme, die Kälte und die Schwere sind nur Kräfte, sind nur Temperatur.

Die Strahlung der Kälte wurde durch den Engländer Herschel entdeckt. Er fand, daß sie sich ebenso, wie die Strahlung der Wärme, durch Spiegel sammeln und durch Linsen brechen läßt. Er fand ferner, daß sie, wie die Wärme, durch Spiegel und Linsen in Licht, in Elektrizität, in Magnetismus, in Bewegung, in Arbeit, in Wärme, in Kälte und in Schwere sich umsetzt.

Die Strahlung der Kälte wurde auch von Melloni, Forbes, Knoblauch, Tyndall, Lamont, Provostaye, Desains, Angström, Stefan, Boltzmann, Bosscha, Lecher, Pernter, Exner, Haschek, Trabert, Hasenöhrl, Lebedew, Nichols, Hull, Rubens, Aschkinass, Paschen, Ångström, Hagen, Pringsheim, Julius, Wilsing, Scheiner, Schmidt, Wood, Lummer, Kurlbaum, Pringsheim, Rubens, Kurlbaum, Hagen, Rubens, Ångström, Hagen, Rubens, Ångström, Hagen, Rubens, Ångström

gläserner Cylinder gestürzt, dessen oberes Ende mit einer Fa sung und einem Hahn versehn, zugleich aber mit dem bie samen Bleirohre ET verbunden war. Das Ende des letzte liefs sich in den Teller einer Luftpumpe HK schrauben, u eine Barometerröhre diente zugleich, den Luftdruck in Kugel zu bestimmen. Ein Hahn T' war bestimmt, die V bindung mit dem Glasrohre m'm, worin sich Chlorcalcium fand, herzustellen, die Campane V aber, in eine pneumatis Wanne gesenkt, diente dazu, verschiedene Gasarten in den v her exantlirten Ballon zu bringen. Das Thermometer wu bis nahe zum Siedepuncte des Quecksilbers erhitzt und so in den Ballon gesenkt. Sollten dann die Beobachtungen Guericke'schen Vacuum oder in atmosphärischer Luft gem werden, so gingen die Vorbereitungen so schnell von stat dafs das Thermometer nur bis 300° herabging, das Zula von Gasarten erforderte aber mehr Zeit und die Beobachtu gen konnten daher erst bei 250° C. beginnen; die Zeiten w den vermittelst einer Secundenuhr gemessen, mufsten dann corrigirt werden, und zwar zuerst wegen der Abkühlung Scale des Thermometers, die sehr bald die Temperatur äufsern Luft annahm, und dann wegen der ungleichmäfsi Ausdehnung des Quecksilbers, wonach eine Reduction auf Luftthermometer erforderlich war. Waren demnächst die Z ten des Erkaltens und die ihnen zugehörigen Temperatu gefunden, so theilten die Beobachter jede Reihe in Theile, und berechneten jede nach der Formel $m^{\alpha t + \beta t^2}$, wo t die Zeit t bezeichnen, wobei jedoch eine Correction erf derlich war, die ihrer Geringfügigkeit ungeachtet doch n vernachlässigt werden durfte, nämlich die durch das Herab ken des kälteren Quecksilbers aus der Scale in die Kugel e springende. Endlich mufste das ungleiche Strahlungsvermö der Oberfläche des erkaltenden Körpers berücksichtigt werd und zugleich durfte ihre Beschaffenheit sich während der Da des Versuches nicht ändern. Hierfür schien ihnen Glas als meisten und Silber als am wenigsten ausstrahlend am geeignetsten zu seyn, und sie liefsen daher die Kugel ihrer Th mometer entweder nackt oder überzogen sie mit einer dünn Lage Silber, in der Erwartung, dafs die hiermit gefunden Gesetze auf alle andere Körper anwendbar seyn würden.

Digitized by Google

Ist die Voraussetzung der „Handlung" in Wirklichkeit die, daß sie ein Erlebnis ist, so ist es nicht nötig, daß sie ein Erlebnis ist, das sich in der Außenwelt abspielt. Es kann ebensogut ein Erlebnis sein, das sich in der Seele abspielt. Ich bin deshalb, dem Sprachgebrauch zu folgen, nicht abgeneigt, auch Gedanken, Gefühle, Stimmungen, Affekte, Willensakte, Entschlüsse, Vorsätze, Wünsche, Hoffnungen, Befürchtungen, Zweifel, Ahnungen, Erwartungen, Enttäuschungen, Erinnerungen, Vergessen, Verdrängen, Verzeihen, Verzichten, Bereuen, Sühnen, Verzweifeln, Sterben, Leben, Wachen, Schlafen, Träumen, Erwachen, Erinnern, Lernen, Wissen, Verstehen, Irren, Glauben, Zweifeln, Hoffen, Fürchten, Ahnen, Erwarten, Wollen, Wünschen, Begehren, Lieben, Hassen, Fühlen, Empfinden, Denken, Urteilen, Schließen, Folgern, Beweisen, Widerlegen, Vermuten, Annehmen, Voraussetzen, Bejahen, Verneinen, Bezweifeln, Leugnen, Bestreiten, Behaupten, Versichern, Beteuern, Beschwören, Schwören, Fluchen, Verfluchen, Segnen, Beten, Anbeten, Opfern, Verehren, Ehren, Achten, Verachten, Verspotten, Verhöhnen, Verlachen, Lachen, Weinen, Jammern, Klagen, Trauern, Seufzen, Stöhnen, Schreien, Rufen, Sprechen, Schweigen, Hören, Sehen, Riechen, Schmecken, Tasten, Fühlen, Empfinden, Wahrnehmen, Bemerken, Beobachten, Aufmerken, Achtgeben, Aufpassen, Lauschen, Horchen, Lesen, Schreiben, Zeichnen, Malen, Singen, Musizieren, Tanzen, Spielen, Arbeiten, Ruhen, Essen, Trinken, Rauchen, Schnupfen, Kauen, Speien, Husten, Niesen, Gähnen, Atmen, Schnaufen, Keuchen, Ringen, Kämpfen, Streiten, Zanken, Hadern, Raufen, Schlagen, Prügeln, Stoßen, Treten, Werfen, Schießen, Fechten, Ringen, Boxen, Ringen, Laufen, Springen, Klettern, Steigen, Fallen, Stürzen, Gehen, Reiten, Fahren, Schwimmen, Rudern, Segeln, Fliegen, Schweben, Gleiten, Rollen, Rutschen, Schleifen, Ziehen, Tragen, Heben, Drücken, Pressen, Stemmen, Stützen, Halten, Fassen, Greifen, Packen, Ergreifen, Anfassen, Berühren, Streifen, Streicheln, Kratzen, Reiben, Kneten, Schaben, Kitzeln, Schütteln, Rütteln, Wiegen, Schaukeln, Schwingen, Schleudern, Werfen, Schießen, Stoßen, Treten, Schlagen, Prügeln, Peitschen, Geißeln, Stechen, Hauen, Schneiden, Sägen, Bohren, Feilen, Hämmern, Nähen, Sticken, Weben, Spinnen, Stricken, Häkeln, Knüpfen, Binden, Flechten, Kochen, Braten, Backen, Rösten, Sieden, Schmoren, Dünsten, Brühen, Waschen, Bleichen, Färben, Trocknen, Bügeln, Plätten, Kämmen, Bürsten, Putzen, Reinigen, Fegen, Kehren, Scheuern, Waschen, Baden, Duschen, Schwitzen, Frieren, Frösteln, Zittern, Beben, Erbeben, Erschauern, Erschrecken, Erstarren, Erstaunen, Staunen, Wundern, Bewundern, Anstaunen, Anbeten

t	V bei 0°	V′ bei 20°	V″ bei 40°	V‴ bei 60°	V^IV bei 80°
240°	10°,69	12°,40	14°,35	—	—
220	8,81	10,41	11,98	—	—
200	7,40	8,58	10,01	11,64	13°,45
180	6,10	7,04	8,20	9,55	11,05
160	4,89	5,67	6,61	7,68	8,95
140	3,88	4,57	5,32	6,14	7,19
120	3,02	3,56	4,15	4,84	5,64
100	2,30	2,74	3,16	3,68	4,29
80	1,74	1,99	2,30	2,73	3,18
60	—	1,40	1,62	1,88	2,17

Sucht man für die einzelnen Glieder dieser Columnen Werthe von $\frac{V'}{V}$, $\frac{V''}{V'}$ u. s. w., so liegen diese Quotienten zwisch 1,15 und 1,18, wodurch also folgendes Gesetz begründet wi *die Geschwindigkeit der Abkühlung eines Thermometers Vacuum für einen beständigen Unterschied der Tempera wächst im geometrischen Verhältnisse, wenn die Tempera der Umgebung in einem arithmetischen Verhältnisse zuni und jene geometrische Progression ist die nämliche, wie a der Unterschied beider Temperaturen seyn mag.* Hiern läfst sich also die oben aufgestellte Formel für die Geschw digkeit des Erkaltens im Vacuum, nämlich

$$F(t+\Theta)-F(\Theta),$$

auf den einfachen Ausdruck

$$\varphi(t)\times a^{\Theta}$$

zurückbringen, worin a eine beständige Gröfse und $\varphi(t)$ Function der veränderlichen Gröfse t ist, welche näher stimmt werden mufs. Aus der Gleichheit beider Functio folgt

$$\frac{F(t+\Theta)-F(\Theta)}{a^{\Theta}} = \varphi(t).$$

Dieses in eine Reihe entwickelt giebt:

$$\varphi(t) = t\,\frac{F'(\Theta)}{a^{\Theta}} + \frac{t^2}{2}\cdot\frac{F''(\Theta)}{a^{\Theta}} + \frac{t^3}{2.3}\cdot\frac{F'''(\Theta)}{a^{\Theta}} + \ldots$$

und da diese Gleichung für alle Werthe von t gültig s mufs, so erhält man

$$F'(\Theta) = n.a^{\Theta},$$

Digitized by Googl

worin n eine unbestimmte Zahl bezeichnet. Hieraus ergiebt sich

$$F(\Theta) = m.a^{\Theta} + \text{einer Constante.}$$

Wird dann der Kürze wegen $\frac{n}{\text{Log. a}} = m$ gesetzt, so ist

$$F(t+\Theta) = m.a^{t+\Theta} + \text{einer constanten Gröfse.}$$

Hieraus folgt endlich für den Werth der Geschwindigkeit

$$V = m.a^{\Theta}(a^t - 1)$$

ist der Ausdruck der Geschwindigkeit der Abkühlung im Vacuum. Bleibt Θ unverändert, so ist dieses auf gleiche Weise der Fall bei ma^{Θ}. Wenn also ein Körper im Vacuum erkaltet und die umgebende Hülle ihre Temperatur nicht ändert, so wächst die Geschwindigkeit des Erkaltens für die in arithmetischer Progression steigenden Temperaturen in einer geometrischen Reihe. Das Verhältnifs von a für diese Progression ist aus den Beobachtungen leicht aufzufinden, denn wenn nach der mitgetheilten Tabelle der Werth von Θ um 20° C. wächst; t dasselbe sich gleich bleibt, so geben die gesammten Quotienten $\frac{V'}{V}$, $\frac{V''}{V'}$ ...., die zwischen 1,15 und 1,18 fallen, im Mittel 1,165, und man erhält also

$$a = \sqrt[20]{1,165} = 1,0077.$$

Dulong und Petit haben nach dieser Formel die beobachteten Gröfsen berechnet, wobei $m.a^{\Theta}$ für jede Reihe einen verschiedenen Werth erhalten mufs. Für die erste Reihe, worin $\Theta = 0$ war, ist $a = 1,0077$ und $m.a^{\Theta} = 2,037$, also

$$V = 2,037\,(a^t - 1);$$

für die zweite Reihe, worin $\Theta = 20$ war, mufs der eben gefundene Coefficient mit $a^{20} = 1,165$ multiplicirt werden, und man hat

$$V = 2,374\,(a^t - 1).$$

Wird dieser Coefficient wieder mit 1,165 multiplicirt, so erhält man für die dritte Reihe

$$V = 2,766\,(a^t - 1)$$

und so fort für die folgenden

$$\text{Va } 2233 \left(\frac{1}{2}\right) = 0$$

Für auf Tafel VIII—XVII (S. 63—72) befindliche Sterne sind die Verbesserungen an jenen Stellen, als die Tafeln, welche sie enthalten, selbst, also z. B. für Tafel VIII an der Stelle, wo sie zum ersten Male vorkommen, die Sterne Nr. 1—100:

$$\begin{array}{l} 1233\ 1317\ \ 1401\ 1485\ 1569\ 1653\ 1737\ 1821\ 1905\ (1) \\ 1234\ 1318\ \ 1402\ 1486\ 1570\ 1654\ 1738\ 1822\ 1906\ (2) \end{array}$$

Ist Einstieg weiter, resp. Fortschreitungsgang $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{3}$, $\frac{4}{3}$, $\frac{5}{3}$, $\frac{6}{3}$, $\frac{7}{3}$, $\frac{8}{3}$, $\frac{9}{3}$, $\frac{10}{3}$, $\frac{11}{3}$, $\frac{12}{3}$, $\frac{13}{3}$, $\frac{14}{3}$, $\frac{15}{3}$, $\frac{16}{3}$, $\frac{17}{3}$, $\frac{18}{3}$, $\frac{19}{3}$, $\frac{20}{3}$, $\frac{21}{3}$, $\frac{22}{3}$, $\frac{23}{3}$, $\frac{24}{3}$, $\frac{25}{3}$, $\frac{26}{3}$, $\frac{27}{3}$, $\frac{28}{3}$, $\frac{29}{3}$, $\frac{30}{3}$, $\frac{31}{3}$, $\frac{32}{3}$, $\frac{33}{3}$, $\frac{34}{3}$, $\frac{35}{3}$, $\frac{36}{3}$, $\frac{37}{3}$, $\frac{38}{3}$, $\frac{39}{3}$, $\frac{40}{3}$,

$$V = 0{,}658\,(a^t - 1),$$

und auch hierbei zeigte sich eine gleiche Uebereinstimmung der beobachteten und der durch Rechnung gefundenen Werthe.

Die Resultate der Beobachtungen lassen sich also durch die gleiche Formel

$$V = M\,(a^t - 1)$$

ausdrücken, wenn man $M = m\,a^{\Theta}$ setzt. Indem aber a von der Beschaffenheit der Oberfläche unabhängig ist, so folgt hieraus, dafs das Gesetz des Erkaltens im Vacuum für alle Körper dasselbe ist und also das Strahlungsvermögen der verschiedensten Substanzen in allen Temperaturen das nämliche Verhältnifs beibehält, während die Geschwindigkeit des Erkaltens durch das ungleiche Strahlungsvermögen der Oberfläche bedingt wird. Für Glas und Silber fanden Dulong und Petit dieses Verhältnifs = 5,7, etwas geringer als Leslie, vermuthlich deswegen, weil die von ihnen angewandte silberne Oberfläche gefirnifst war.

Aus dem für die Geschwindigkeit des Erkaltens gefundenen Ausdrucke läfst sich leicht das Verhältnifs zwischen den Temperaturen und den Zeiten herleiten. Heifst die Zeit x, so hat man

$$V = -\frac{\partial t}{\partial x} = M\,(a^t - 1), \text{ also } \partial x = \frac{-\partial t}{M\,(a^t - 1)}$$

$$x = \frac{1}{M \,.\, \text{Log. a}} \left(\text{Log.} \frac{a^t - 1}{a^t} \right) + C,$$

wenn M und die Constante bestimmt werden können, wenn man die beobachteten Werthe von t hat, welche zwei bestimmten Werthen der Zeit x zugehören. Wird hierin t so klein angenommen, dafs bei der Kleinheit des Log. a man sich mit dem ersten Gliede der für a^t zu entwickelnden Reihe begnügen kann, so erhält man das Newton'sche Gesetz.

246) Die nächste Aufgabe war, den Einflufs auszumitteln, welchen die verschiedenen *umgebenden Medien* auf das Erkaltungsäufsern. Um den Einflufs der Gase unter verschiedenem Drucke und von ungleichen Temperaturen zu finden, war blofs

Digitized by Google

erforderlich, die Gröfse der durch die Strahlung allein ode Strahlung im Vacuum abgegebenen Wärme von den be Anwesenheit einer Gasart beobachteten Werthen abzuz was jedoch, da sich die Untersuchung auf mehrere Gas erstreckte, eine grofse Menge Versuche erforderte, wobe beobachteten Gröfsen auf die oben angegebene Weise be net und aus mehreren Reihen die mittleren Werthe genor wurden.

247) Zuerst mufste die Frage beantwortet werden, o Beschaffenheit der Oberfläche, welche auf das Strahlung mögen einen so bedeutenden Einflufs hat, diesen auch bei kalten in verschiedenen Gasarten zeigt. Hierfür war erfo lich, die Erkaltung des nackten und bekleideten Thermon in einer Gasart von bestimmter Dichtigkeit und Temperat beobachten. Von den vielen Versuchsreihen werden n zwei wichtigsten, die eine mit dem grofsen Thermometer, ches zuerst nackt, dann übersilbert angewandt wurde, in unter 0,72 Met. Druck und bei 20° C. Wärme der U bung, die zweite mit dem kleinen Thermometer in W stoffgas unter 0,74 Met. Druck und bei 20° C. Wärm Umgebung angestellt, hier mitgetheilt, deren genaue U einstimmung bei der so grofsen Verschiedenheit der Bedi gen zu dem Schlusse berechtigt, *dafs der Verlust der W welcher durch die Berührung irgend einer Gasart be wird, unter übrigens gleichen Bedingungen von der schaffenheit der Oberfläche des erkaltenden Körpers gan abhängig ist.* Auf dieses wichtige Gesetz war Leslie indirect gleichfalls geführt worden, allein ohne eigentlichen B welcher obendrein mit seiner Hypothese nicht wohl vereinb wonach die Gase den Körpern Wärme theils durch ihre tung, theils durch das Aufsteigen derselben und den h folgenden Zutritt stets neuer Theilchen zum erkaltenden per entziehn.

In Gemäfsheit des angegebenen Gesetzes war nichts ter erforderlich, als die folgenden Versuche mit dem unbe deten Thermometer anzustellen, welches auch geschah; in mitgetheilten Uebersichten ist aber blofs derjenige Antheil Erkaltens, welcher durch den Einflufs der Gasarten be wird, nach Abzug des durch die Strahlung erfolgenden, getheilt. Die erste Versuchsreihe bezog sich auf die B

Digitized by Google

tanz der Frau, in die Tragerin des Kilts eben ein, und sie ist ihm ein Gegenstand der Lust, wie er ihr. Ist es nicht so? Ich antworte dem Leser, ja, es ist so, und kann auf ihn antworten, ja, ja, ja, ich, du, Er, Sie, Es, wir, ihr, Sie, Sie, Sie

Die Quotienten, die durch die Division von $\frac{V}{V'}$, $\frac{V'}{V''}$ ... erhalten werden, fallen zwischen 1,38 und 1,34, weshalb i Unterschiede innerhalb der unvermeidlichen Fehlergrenze l gen, was zu folgenden Schlüssen berechtigt: 1) *das Ge der Geschwindigkeit des Erkaltens eines Körpers durch ihn berührende Luft bleibt für gleiche Temperaturun schiede unverändert, wie verschieden auch die Dichtig der Luft seyn mag;* 2) *wenn die Elasticität der Luf einer geometrischen Reihe abnimmt, so nimmt ihr Abl lungsvermögen gleichfalls in einer geometrischen Reihe und zwar ist der Exponent des Verhältnisses bei jener l he* = 2, *bei dieser* (im Mittel aus allen zwischen 1,38 1,34 liegenden Gröfsen) = 1,366. Eben dieses Gesetz wi bei Wasserstoffgas, Kohlensäureund ölerzeugendem Gas best gefunden, es waren aber die Exponenten der Reihe für = 1,366, für Wasserstoffgas = 1,301, für Kohlens = 1,431 und für ölerzeugendes Gas = 1,415. Das Ganze sich leicht auf einen allgemeinen Ausdruck zurückbrin Heifst P die abkühlende Kraft einer Gasart unter dem Dr p, so erhält man für 2p die Gröfse P (1,366) und für 4p d so $P(1{,}366)^2$, also für $p.2^n$ auch $P(1{,}366)^n$. Nennt daher $p.2^n = p'$ und $P(1{,}366)^n = P'$, so hat man

$$\frac{\text{Log.}P' - \text{Log.}P}{\text{Log.}(1{,}366)} = \frac{\text{Log.}p' - \text{Log.}p}{\text{Log.}2},$$

also

$$\frac{P'}{P} = \left(\frac{p'}{p}\right)^{0{,}45};$$

der Exponent 0,45 ist aber nicht für alle Gasarten gleich, s dern wird für Wasserstoffgas = 0,38, für Kohlensäure = 0, und für ölerzeugendes Gas = 0,501. Die abkühlende K eines Gases ist daher in einem gewissen Verhältnisse se Elasticität proportional, allein der Exponent dieses Verhält ses ist bei verschiedenen Gasarten verschieden. Bei der L der Kohlensäure und dem ölerzeugenden Gas weicht er wi von 0,5 ab, was dahin führt, die abkühlende Kraft di Gase der Quadratwurzel ihrer Elasticität proportional an nehmen.

248) Die nächste Aufgabe war, die abkühlende Kraft

Digitized by Google

schiedenen Gase von gleicher Elasticität für gleiche Tempe-
unterschiede zu untersuchen. Die bei 0,72 Met. Druck
die vier genannten Gasarten gefundenen Werthe der durch
allein (ohne Einfluſs der Strahlung) bewirkten Abkühlungen
gt folgende Tabelle.

Tempera-turunter-schiede	V für Luft	V' für Wasser-stoffgas	V'' für Kohlen-säure	V''' für öl-erzeugen-des Gas
200°	5°,48	—	5°,25	7°,41
180	4,75	16°,59	4,57	6,45
160	4,17	14,26	4,04	5,41
140	3,51	12,11	3,39	4,70
120	2,90	10,10	2,82	3,84
100	2,27	7,98	2,22	3,12
80	1,77	6,66	1,69	2,34

Quotienten von $\frac{V'}{V}$ schwanken zwischen 3,51 und 3,42,
von $\frac{V''}{V}$ zwischen 0,977 und 0,955 und die von $\frac{V'''}{V}$
schen 1,37 und 1,30, woraus sich ergiebt, daſs das Gesetz
durch die verschiedenen Gasarten für sich allein bewirkten
kühlung von der Beschaffenheit und Dichtigkeit der Gasar-
unabhängig ist. Da es sich aber darum handelte, dieses
setz zu bestimmen, so führten die verschiedenen Bemühun-
zu dem Resultate, daſs die Abkühlung durch die Gase
geometrische Reihe bildet, deren Exponent = 1,233 ist,
wenn der Exponent der Reihe der Temperaturunterschiede = 2
Wie genau hierbei Rechnungen und Beobachtungen über-
stimmen, zeigt folgende Zusammenstellung der erhaltenen
Werthe für Luft unter 0,72 Met. Druck, worin t den Unter-
schied der Temperatur und V die Geschwindigkeit des Erkal-
tens bezeichnen.

Digitized by Google

t	V beobachtet	V berechnet	t	V beobachtet	V berechnet
200°	5°,48	5°,45	100°	2°,27	2°,31
180	4,75	4,78	80	1,77	1,76
160	4,17	4,14	60	1,23	1,24
140	3,51	3,51	40	0,77	0,75
120	2,90	2,91	20	0,33	0,32

Eine gleiche Uebereinstimmung zeigte sich bei den übri Gasarten.

249) Aus allen diesen Untersuchungen ergiebt sich da dafs die Elasticität der Gasart und der Temperaturunters des erkaltenden Körpers und der Umgebung die einzigen E mente sind, welche ein allgemeiner Ausdruck für die G schwindigkeit des Erkaltens durch den blofsen Einfluſs der u gebenden Gasart enthalten mufs. Nennt man die erstere p u den letzteren t, so folgt:

$$V = m \cdot p^c \cdot t^b,$$

worin b für alle Gasarten und alle Körper = 1,233, c alle Körper gleich, aber für die einzelnen Gase verschied m nach der Natur der Gase und den Dimensionen der Kö veränderlich ist. Die bereits gefundenen Werthe von c s für Luft = 0,45, für Wasserstoffgas 0,38, für Kohlens 0,517, für ölerzeugendes Gas 0,501 und die von m bei d von Dulong und Petit angewandten Thermometer: für L = 0,00919, für Wasserstoffgas = 0,3318, für Kohlens = 0,00887, für ölerzeugendes Gas = 0,01227, wenn p Metern und t in Centesimalgraden ausgedrückt werden.

250) Die Einfachheit dieses Ausdruckes erzeugte Wunsch, die Gesetze der Abkühlung auch für höhere Te peraturen kennen zu lernen, und es schien hierfür das zu durch Leslie angewandte Verfahren am geeignetsten zu s Wenn das Thermometer mit nackter Kugel in der Luft erh tete, so war die ganze Geschwindigkeit die Summe der W kungen durch Strahlung und durch Berührung der Luft. He die letztere v, die erstere v', so ist deren Summe = v + Für das mit Silber bedeckte Thermometer war v gleichbl bend, v' aber wurde $\frac{v'}{5{,}707}$, weil die Strahlung des Glases

Digitized by Google

der des Silbers sich wie 5,707 zu 1 verhält. Bezeichnet man beide Geschwindigkeiten durch a und b, so ist

$$a = v + v', \quad b = v + \frac{v'}{5{,}707}, \quad \text{und } v = \frac{5{,}707 \times b - a}{5{,}707}.$$

Wird dieser Ausdruck auf die beobachteten Werthe angewandt, so giebt folgende Tabelle eine Uebersicht der Resultate.

t	V für die nackte Kugel	V für die versilberte Kugel	v
260°	24°,42	10°,96	8°,10
240	21,12	9,82	7,41
220	17,92	8,59	6,61
200	15,30	7,57	5,92
180	13,04	6,57	5,19
160	10,70	5,59	4,50
140	8,75	4,61	3,73
120	6,82	3,80	3,11
100	5,57	3,06	2,58
80	4,15	2,32	1,93

Die Werthe von v oder der Erkaltung, welche blofs durch die Berührung der Luft herbeigeführt wird, lassen sich durch folgende Gleichung ausdrücken:

$$v = m t^{1{,}233},$$

worin n jedesmal besonders bestimmt werden mufs. Für die Beobachtungen mit der versilberten Kugel ist $m = 0{,}00857$ und die folgende Tabelle zeigt die genaue Uebereinstimmung der beobachteten und berechneten Werthe von v.

t	v beobachtet	v berechnet	t	v beobachtet	v berechnet
260°	8°,10	8°,14	160°	4°,50	4°,47
240	7,41	7,38	140	3,73	3,79
220	6,61	6,63	120	3,11	3,14
200	5,92	5,87	100	2,53	2,50
180	5,19	5,17	80	1,93	1,90

Kennt man hiernach die durch Berührung der Luft bewirkte Abkühlung, so ist es leicht, die im Vacuum durch Strahlung erzeugte zu finden, wenn man von den beobachteten Werthen

Digitized by Google

die für v durch Rechnung erhaltenen abzieht. Als erläuternd Beispiel mögen die mit der nackten Kugel erhaltenen Werth dienen, wenn die Geschwindigkeit des Erkaltens im Vacuu durch die Formel

$$V = m(a^t - 1)$$

ausgedrückt wird, worin t den Unterschied der Temperatur des Thermometers und der umgebenden Hülle, m einen bestä digen, jederzeit zu bestimmenden Coefficienten bezeichnet, w cher in diesem Falle = 2,61 ist, a aber den Exponen = 1,0077 bezeichnet, welcher bei allen Körpern derselbe bl Wie genaue Uebereinstimmung auf diese Weise erhalten w zeigt die nachfolgende Tabelle, worin V die Geschwindigk des Erkaltens im Vacuum, abgeleitet aus Beobachtungen in u gebender Luft, V′ aber diese Geschwindigkeit durch Rec gefunden bezeichnet.

t	V	V′	t	V	V′
260°	16°,32	16°,40	160°	6°,20	6°,25
240	13,71	13,71	140	5,02	4,99
220	11,31	11,40	120	3,93	3,92
200	9,38	9,42	100	3,04	2,99
180	7,85	7,71	80	2,22	2,20

Die durch Strahlung und zugleich durch Berührung einer elastischen Flüssigkeit erzeugte Erkaltung eines Kör läfst sich sonach durch folgenden Ausdruck darstellen:

$$v = m(a^t - 1) + n t^b,$$

worin für alle Körper und alle Flüssigkeiten a = 0,0077 b = 1,233 sind; der Coefficient m hängt ab von der Gr und der Oberfläche des erkaltenden Körpers, so wie von Beschaffenheit der umgebenden Gasart; der Exponent b, der absoluten Temperatur und der Beschaffenheit des erkal den Körpers unabhängig, ist nach der Elasticität und der schaffenheit des umgebenden Gases, nach den bereits entwic ten Gesetzen, veränderlich. Wenn dieser Ausdruck durch Beschaffenheit der Oberfläche des erkaltenden Körpers sich dert, so behalten die Gröfsen a, b, n ihren Werth, m verändert sich dem Strahlungsvermögen der Oberfläche prop tional. Wird es hierdurch = m′, so wird

Digitized by Google

$$v = m'(a^t - 1) + nt^b.$$

Es sey zuerst m' gröfser als m, also das Strahlungsvermögen gröfser, so wird das Verhältnifs

$$\frac{m(a^t - 1) + nt^b}{m'(a^t - 1) + nt^b} = \frac{m}{m'},$$

wenn $t = 0$ oder $t = \infty$ ist. Nimmt man t sehr klein an, so läfst sich die Gröfse $a^t - 1$ durch t.Log. a ausdrücken, und man erhält, wenn man durch t Log. a dividirt,

$$\frac{m + \frac{n}{\text{Log. a}} \cdot t^b - 1}{m' + \frac{n}{\text{Log. a}} \cdot t^b - 1},$$

welches Verhältnifs in dem Mafse abnimmt, als t wächst, wenn a gröfser ist als 1; allein nach der Abnahme wird es wieder wachsen, weil es der Einheit gleich den Werth wieder erhalten mufs, wie bei $t = 0$. Wenn man also die Gesetze des Erkaltens bei zwei Körpern von verschiedener Oberfläche mit einander vergleicht, so erfolgt das Erkalten in geringen Temperaturen schneller bei denjenigen Körpern, welche ein geringeres Strahlungsvermögen haben, aber weniger schnell bei diesen ähnlichen Körpern in höheren Temperaturen. Dieses ergiebt sich leicht aus folgender Uebersicht, worin t die gewöhnliche Bedeutung hat, V die Geschwindigheit der Abkühlung des unbekleideten und V' des versilberten bezeichnen.

t	V	V'	V : V'
260°	24°,42	10°,96	2°,23
240	21,12	9,82	2,15
220	17,92	8,59	2,09
200	15,30	7,57	2,02
180	13,04	6,57	1,98
160	10,70	5,59	1,91
140	8,75	4,61	1,89
120	6,82	3,80	1,80
100	5,56	3,06	1,81
80	4,15	2,32	1,78
60	2,86	1,60	1,79
40	1,74	0,96	1,81
20	0,77	0,42	1,85
10	0,37	0,19	1,90

Für die Temperaturunterschiede von 40° bis 120° sind d Verhältnisse fast gleich, was Dalton veranlafste, das Ges des Erkaltens in der Luft bei allen Körpern als gleich an nehmen. Würde die Reihe bis zu höheren Temperaturen w ter fortgesetzt, die für 260° schon 2,23 erreicht, so würde sich bald der Gröfse 5,705 nähern, der das Verhältnifs in dem Falle gleich ist, wenn Glas mit Silber verglich wird.

251) Noch bleibt zu untersuchen, wie sich das Gesetz Erkaltens für den nämlichen Körper mit der Natur und Di tigkeit der Gase ändert. Wenn man den Ausdruck

$$m(a^t - 1) + nt^b$$

nimmt und ihn auf ein anderes Gas oder auf dasselbe bei v schiedener Elasticität anwendet, so verwandelt er sich in

$$m(a^t - 1) + n't^b,$$

worin blofs n einen andern Werth erhält. Die Vergleich beider Ausdrücke zeigt, dafs das Verhältnifs der Einheit gl kommt, wenn wir $t = 0$ oder $t = x$ machen. Die gesam Geschwindigkeit des Erkaltens in verschiedenen Gasen nä sich also der Gleichheit in sehr hohen und sehr niedri Temperaturen, kann aber in den zwischenliegenden sehr v schieden seyn.

252) Dulong und Petit geben noch zuletzt eine Ueb sicht aller durch ihre Versuche gefundenen Resultate, mit Bemerken, dafs unter Geschwindigkeit des Abkühlens stets Zahl der Thermometergrade zu verstehn sey, um welche Temperatur des Körpers während eines unendlich kleinen gleichbleibenden Zeitintervalls herabsinken würde. Hier stellen sie folgende Gesetze auf: 1) Wäre ein im Vacuum findlicher Körper von einer aller Wärme beraubten und nicht strahlenden Hülle umgeben, so würden die Geschw digkeiten des Erkaltens in einer geometrischen Progression nehmen, wenn die Temperaturen sich in einer arithmetisch verringerten. 2) Wenn die Temperatur des einschliefsend Vacuums constant bliebe, so würde die Geschwindigkeit d Erkaltens für die in arithmetischer Progression abnehmend

Digitized by Google

Landschaft, wild, romantisch, wie die Gegend dort genannt wird, mit Felsen, Bäumen, Gebüsch und Wasser. Ein Bild von Jacob Ruisdael in der Art. Preis 60 Gulden.“ — In Nr. 8 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 9 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 10 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 11 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 12 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 13 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 14 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 15 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 16 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 17 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 18 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 19 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 20 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 21 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 22 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 23 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 24 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 25 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 26 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 27 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 28 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 29 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 30 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 31 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 32 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 33 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 34 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 35 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 36 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 37 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 38 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 39 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 40 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 41 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 42 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 43 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 44 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 45 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 46 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 47 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 48 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 49 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 50 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 51 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 52 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 53 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 54 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 55 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 56 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 57 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 58 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 59 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 60 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 61 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 62 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 63 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 64 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 65 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 66 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 67 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 68 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 69 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 70 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 71 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 72 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 73 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 74 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 75 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 76 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 77 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 78 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 79 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 80 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 81 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 82 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 83 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 84 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 85 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 86 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 87 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 88 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 89 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 90 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 91 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 92 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 93 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 94 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 95 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 96 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 97 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 98 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 99 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet. In Nr. 100 wird ein Bild von Jan Steen, „Der Tanz“, als ein „sehr gutes, gesundes Bild“ bezeichnet.

Davy[1] gefundenen, wonach das Erkalten am langsamsten i Chlorgas erfolgt.

253) Die gehaltreichsten Versuche über die Erkaltung d Körper sind die von G. Bischof[2], die um so mehr allgemei Anerkennung verdienen, je gröfser die darauf verwandte Mü war, und weil es nur wenigen Forschern möglich seyn dürf solche grofsartige Mittel in Anwendung zu bringen, als hier durch die freundliche Mitwirkung des Hütteninspectors A thans zu Gebote standen, welcher den Gufs der zu den Ve suchen dienenden Basaltkugeln besorgte. In einem 1,5 Z. d cken, durch Eisendraht zusammengehaltenen Lehmmantel wu eine Basaltkugel von 21 Zoll rhein. Durchmesser gegossen u nach dem Erstarren in einen Trichter von Eisenblech gele welcher in einem gufseisernen, auf zwei Unterlagen festliege den Ringe ruhte. So viel als möglich wurde dafür gesorgt, d die Kugel mit ihrem Lehmmantel nach allen Seiten frei u während der langen Dauer der Beobachtungen stets gleichm fsig ausstrahlte. Nach 5,75 Stunden war die Oberfläche n so heifs, dafs Blei darauf schmolz; nach 8 Stunden war bis 240° R. herabgekommen, von wo aus die Beobachtun anfingen und bis fast zum gänzlichen Erkalten fortdauer In den Mantel war nämlich eine kleine Vertiefung gemacht, welche die Thermometerkugel gesenkt, mit etwas Messing licht zur besseren Leitung umgeben und mit Sand bed wurde. Um das Verhältnifs der Abkühlung im Innern auf der Oberfläche zu vergleichen, wurden zwei Löcher hine gebohrt, allein dieses war bei der heifsen Masse zu schwie die hierauf bezüglichen Beobachtungen sind nicht genügend, stimmen daher mit denen nicht überein, die eine später v fertigte noch gröfsere Kugel mit eingegossenen Löchern Die Beobachtungen begannen am 30sten Dec. um 8 Uhr Abe und endigten am 4ten Jan. Mittags 12 Uhr.

254) Um das Gesetz der Abkühlung zu finden, können Thermometerstände in Zeiträumen von 12 zu 12 Stunden nen, indem die Temperatur der Umgebung während der g zen Dauer von 9°,6 bis 5°,2 R. herabging. Es war, w

---

1 Schweigger's Journ. Th. XX. S. 153.

2 Die Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers u. s. w. Le 1837. S. 443 ff.

Digitized by Google

T, T', T''.... die Temperaturen der Kugeloberfläche, t, t', t''..... die der Umgebung bezeichnen, vom 30sten Dec. 8h Morgens bis 2ten Jan. 8h Nachmittags

$$\frac{T - t}{T' - t'} = \frac{230,4}{106,55} = 2,16237$$

$$\frac{T' - t'}{T'' - t''} = \frac{106,55}{48} = 2,21979$$

$$\frac{T'' - t''}{T''' - t'''} = \frac{48}{23,2} = 2,06897$$

$$\frac{T''' - t'''}{T^{IV} - t^{IV}} = \frac{23,2}{10,55} = 2,19905$$

$$\frac{T^{IV} - t^{IV}}{T^{V} - t^{V}} = \frac{10,55}{5,2} = 2,02885$$

$$\frac{T^{V} - t^{V}}{T^{VI} - t^{VI}} = \frac{5,2}{2,35} = 2,21277.$$

Das arithmetische Mittel aus diesen 6 Werthen ist 2,14863. Werden hiernach die Beobachtungen berechnet, so erhält man folgende Werthe:

Zeit	$T_o - t_o$ beobachtet	$T_o - t_o$ berechnet
30. December 8 Uhr Abends	230°,40	230°,40
31. — 8 — Morgens	106,55	107,23
31. — 8 — Abends	48,00	49,91
1. Januar 8 — Morgens	23,20	23,23
1. — 8 — Abends	10,55	10,81
2. — 8 — Morgens	5,20	5,03
2. — 8 — Abends	2,35	2,34

Da diese Versuche mit einem so grofsen Körper, als sonst niemals angestellt worden sind, so ist es sehr wichtig, Newton's Gesetz, wonach für eine arithmetische Reihe der Zeiten die Abkühlungen in einer geometrischen Reihe erfolgen, für Körper, in denen Wärme aus dem Innern zur Oberfläche geleitet wird, bestätigt zu finden[1]. Bezeichnet V die Abkühlungsgeschwin-

1 Alle übrige bisher erwähnte Versuche, aufser die von New-

digkeit, T den Temperaturüberschufs und q den Erkaltung exponenten für irgend eine Zeiteinheit, so ist nach Newto

$$V = T\left(1 - \frac{1}{q}\right),$$

dieselbe Elasticität und Gasart vorausgesetzt. Hiernach dann

$$V : V' = T : T'$$

oder die Erkaltungsgeschwindigkeiten verhalten sich wie Temperaturüberschüsse. Versuche mit zwei andern Basalt geln, deren eine 27,27 Zoll rhein., die andere 9,39 Zoll Durchmesser hatten, bestätigten dieses, und gaben aufser noch folgende Resultate: 1) die Abkühlungen beider Kug in gleichen Zeiten und von gleichen Temperaturüberschüs an gerechnet, verhalten sich genau umgekehrt wie die Dur messer. 2) Die Zunahme der Temperatur in den erkalten Kugeln von aufsen nach innen gab keine arithmetische, s dern eine geometrische Progression. Bezeichnen a, b, c, d, zu einer gewissen Zeit die Abkühlung in Puncten von Oberfläche der Basaltkugel nach ihrem Mittelpuncte, deren A stände eine arithmetische Reihe bilden, und ist e der Erkaltun exponent für einen gewissen Zeitraum auf der Oberfläche, scheinen die Temperaturüberschüsse in dem nfachen Zeitra zu seyn:

$$\frac{a}{e^{n-1}}; \quad \frac{b}{e^{n-1}\varepsilon^{n-1}}; \quad \frac{c}{e^{n-1}\varepsilon^{2(n-1)}}; \quad \frac{d}{e^{n-1}\varepsilon^{3(n-1)}}$$

worin ε ein aus den Beobachtungen zu ermittelnder Coeffic ist. Bei der grofsen Basaltkugel z. B. wurden nach 48 St den beobachtet:

9 Zoll	vom	Mittelpuncte		109°,8 R.
6,75	–	–	— —	124,9
4,5	–	–	— —	136,0
im Mittelpuncte			. . . . .	153,5,

---

ton, hauptsächlich auch die von Dulong und Petit, wurden mit k neren Körpern, namentlich mit Flüssigkeiten in Glaskugeln, a stellt, deren Theile sämmtlich von innen nach aufsen die näml Temperatur hatten. Auf diesem Umstande beruht vielleicht der U terschied der erhaltenen Resultate.

Digitized by Google

e war für den Zeitraum einer Stunde = 1,0409 und
t = 1,00067.

255) Die bisher erörterten Untersuchungen beziehen sich
ämmtlich darauf, die Gesetze des Erkaltens der Körper so-
wohl an sich, als auch in Beziehung auf ihre Gröfse, die Be-
haffenheit ihrer Oberfläche und den Einflufs der sie umge-
nden elastischen Medien aufzufinden; es bleibt aber dabei
ch eine andere Frage zu beantworten, nämlich die der Ge-
hwindigkeit, in welcher Körper von verschiedener Natur ihre
Wärme abgeben, oder über das specifische Erkaltungsvermögen
gleicher Körper. Bestimmungen hierüber können nicht an-
s erhalten werden, als wenn man gleich grofse Körper von
icher Form erwärmt und die Zeiten des Erkaltens derse-
n unter gleichen Bedingungen nach Beobachtungen eines in
eingesenkten Thermometers mifst. Diesemnach müssen die-
igen Versuche hier ausgeschlossen werden, die man als
chfalls zur Wärmeleitung gehörig angestellt hat, indem
tzte Thermometer mit verschiedenen Körpern umgeben
d die ungleichen Zeiten ihres Erkaltens gemessen wurden.

256) Der Erste, welcher diese Aufgabe zu lösen versuchte,
r Richmann[1]. Er nahm massive Kugeln, 4 Z. im Durch-
esser haltend, von Blei, Zinn, Eisen, Kupfer und Messing,
rte in diese ein cylindrisches Loch von 1 Z. Tiefe und 1 Z.
ite, senkte in dieses ein Thermometer, erhitzte die Ku-
n, hing sie mit zwei Fäden an einen Querbalken, in ei-
em Abstande aber ein anderes Thermometer auf, und beob-
ete bei ruhiger Luft die Zeiten des Erkaltens. Inzwischen
gen die Thermometer nicht bis in den Mittelpunct der Ku-
n, die Oeffnungen waren zu weit, die Kugeln nicht gleich
s, was durch Rechnung corrigirt werden sollte; die Ver-
he wurden nicht oft genug wiederholt, um zufällige Fehler
nmerzen, und sonach konnten die Resultate nicht befriedi-
d ausfallen. Auch Achard[2] untersuchte die ungleichen
kaltungszeiten verschiedener Körper, allein diese seine Ar-
iten sind durch spätere bessere in Schatten gestellt worden.

---

1 *Nov. Comm. Petrop. T. IV. p. 241. V. Crell neuestes chem. Arch. Th. I. S. 242.*

2 *Mém. de Berlin. 1783.*

Digitized by Google

Von weit gröfserem Werthe sind einige Versuche, welche J
Tob. Mayer[1] mit Kugeln von Eben-, Eschen-, Ap
baum-, Rothbuchen-, Weifsbuchen-, Pflaumen-, Ulme
Sommereichen-, Wintereichen-, Birnbaum-, Birken-, Forl
Erlen-, Fichten-, Tannen- und Lindenholz anstellte. Sie hie
sämmtlich 2 Z. im Durchmesser, die Kugel des eingesen
Thermometers befand sich im Mittelpuncte, der übrige T
der Oeffnung wurde mit Sägemehl des nämlichen Holzes
gefüllt und oben mit einem Korke verstopft, die Kugeln w
den in einem Ofenrohre bis 88° oder 94° C. erhitzt, in ei
Zimmer von 6° bis 8°,5 Temperatur aufgehangen und
Thermometergrade von 56°,25 bis 37°,5 herab in bestim
Zeitintervallen aufgeschrieben. Aehnliche Versuche stellte
selbe mit Wasser, Quecksilber, Leinöl und Essig an, di
in eine Glaskugel einschlofs und ein Thermometer einse
Mayer folgerte aus allerdings sehr wahrscheinlichen theo
schen Gründen, dafs ein Körper seine Wärme um so sch
rer verlieren werde, aus je mehr Wassertheilchen er be
und je mehr Wärme diese vermöge ihrer specifischen Cap
tät enthalten, die sie eben deswegen auch um so stärker
halten. Setzt man also das Wärmeleitungsvermögen der
die sie zum Erkalten bedürfen, umgekehrt proportional, n
dieses Vermögen L, das specifische Gewicht der Körper p
ihre Wärmecapacität c, so hat man

$$L = \frac{1}{pc}$$

für gleiche Volumina[2]. Da das specifische Gewicht der K
per sehr leicht genau bestimmbar ist, so kann diese F
sowohl zur Auffindung des Erkaltungsvermögens, als auch
specifischen Wärmecapacität gebraucht werden. Mayer
die Resultate seiner Versuche mit diesem Gesetze nahe
einstimmend, und die wahrgenommenen Abweichungen la
sich leicht erklären, wenn man berücksichtigt, dafs nament
nach Dulong und Petit nicht blofs die Beschaffenheit

---

1 Gesetze und Modificationen des Wärmestoffs. Erlangen
V. Crell chem. Ann. 1798. Th. I. S. 443.

2 A. v. Humboldt hat hiernach Tabellen für die Leitungsf
keiten verschiedener Körper berechnet. S. v. Crell's chem. Ann.
Th. I. S. 423. Bergmänn. Journ. 1792. Th. I. S. 120.

Digitized by Google

…fläche, sondern auch die Elasticität der umgebenden Luft …die Zeit des Erkaltens einen bedeutenden Einfluss aus…

257) Wenn ein Körper auf die bisher erörterte Weise …ahlet, so muss seine Wärme nothwendig durch den ihn um…enden Raum oder die in demselben sich befindenden Kör… durchgehn, somit kommt also hier auf der einen Seite …so sehr das *Durchleitungsvermögen* seiner Umgebung in …chtung, welches später in einem eigenen Abschnitte un…ucht werden soll, als das hier zu erörternde Strahlungsver…gen des Körpers, welcher die Wärme abgiebt, ja selbst das …leitungsvermögen seiner Umgebung kann nicht unberück…igt bleiben. Sofern hiernach eine scharfe Begrenzung nicht …ch erreichbar ist, mögen hier einige Versuche erwähnt …den, welche wohl mit gleichem Rechte unter die Abthei… der Durchleitung zu bringen wären. Dahin gehören die …Pictet[1] mit einem sehr zusammengesetzten Apparate an…llten. Dieser bestand aus einer grofsen Glaskugel, welche …ittelst einer Luftpumpe exantlirt, zugleich aber mit trock…nd feuchter Luft oder verschiedenen Gasarten angefüllt …n konnte. In dem Ballon befand sich ein empfindliches …rometer, dessen Kugel das Centrum desselben einnahm, …em ein Elektrometer, ein Saussure'sches Haarhygrometer …n abgekürztes Heberbarometer. War der Apparat für den …chtigten Versuch gehörig hergerichtet, so liefs Pictet die …n einer Kerzenflamme vermittelst eines Hohlspiegels auf …ermometerkugel fallen, erwärmte diese dadurch und be…timmte dann die Zeiten ihres Erkaltens unter den verschie…ch abgeänderten Bedingungen, indem beiläufig auch die …Erwärmen erforderlichen Zeiten berücksichtigt wurden. …Einfluss der mehrfachen mitwirkenden Bedingungen nimmt …erhaltenen Resultaten einen bedeutenden Theil ihres Wer… weswegen ich mich einer näheren Erörterung derselben …ehe. Auch Leslie[2] hat die ungleichen Zeiten des Er…ens in atmosphärischer Luft und in Wasserstoffgas, auch …verschiedenen Dichtigkeiten dieser Gasarten untersucht; …ringer aber ist dasjenige, was Dalton[3] aus eigenen Ver…

[1] Versuch über das Feuer. Cap. IV. V. VI.
[2] Inquiry into the nature of Heat. 1804.
[3] Ein neues System des chem. Theils der Naturw. Th. I. S. 132.

suchen entnommen hat. Sein Apparat bestand aus einer ken Flasche von etwa 15 bis 20 Kubikzoll Inhalt, welch Luft oder der zu prüfenden Gasart gefüllt und gehörig ver auf die Temperatur der Umgebung gebracht wurde. Al ward der Kork herausgezogen und schnell ein anderer m nem luftdicht in ihm steckenden, vorher erhitzten Therm ter hineingesteckt. Da es blofs um vergleichbare Result thun war, so kamen die Thermometergrade selbst nicht i trachtung, sondern es waren auf der Röhre zwei Zeiche gebracht, und die Beobachtung beschränkte sich darauf Zeit zu messen, binnen welcher das Quecksilber vom ren Zeichen bis zum unteren sank. Diese betrug in 5 den für

kohlensaures Gas	112 Sec.
Schwefelwasserstoff–, oxydirtes Stick– und ölerzeugendes Gas	100 –
Luft, Stickgas, Sauerstoffgas	100 –
Salpetergas	90 –
kohlenstoffhaltiges Wasserstoffgas . .	70 –
Wasserstoffgas	40 –

Die schon von Leslie wahrgenommene starke Leitungsk Wasserstoffgases hielt auch Dalton für ebenso auffall räthselhaft; übrigens unterliegt dasselbe insofern der all nen Regel, als es im verdünnteren Zustande ein schl Leiter wird, denn 7– bis 8mal verdünnt erforderte es für die normale Abkühlung des Thermometers. War zur Hälfte mit Luft gemengt, so betrug die Zeit 62 Se Inwiefern die Verdichtung der Luft einen Einfluss Durchleitungsvermögen derselben ausübt, hat Dalton Versuche ermittelt, die folgende Resultate gaben:

Dichtigkeit	Abkühlungszeit	Dichtigkeit	Abkühlungszeit
2	85 Sec.	$\frac{1}{8}$	140 Sec.
1	100 –	$\frac{1}{16}$	160 –
$\frac{1}{2}$	116 –	$\frac{1}{32}$	170 –
$\frac{1}{4}$	128 –		

Dalton findet hieraus, dafs die nach Abzug der Str durch blofsen Einfluss der Luft bewirkte Abkühlung den

Digitized by Google

wurzeln der Dichtigkeiten proportional sey. Rechnet man die erstere 0,4 und für die letztere 0,6 der gesammten Abung, die Dichtigkeit d der atmosphärischen Luft = 1 und Zeit des Abkühlens = 100 angenommen, so wäre die

$$t = \frac{1}{0{,}004 \times 0{,}006 \times \sqrt{d}},$$

mit die durch Versuche gefundenen Gröfsen sehr wohl übertimmen.

258) Vorzüglich gehören hierher die Versuche von Rum-d[1], welcher ganz eigentlich die Eigenschaft der Körper, Wärme durchzulassen, auf dem Wege der Erfahrung ausmitteln suchte. Er bediente sich hierzu einer 1,6 Z. im chmesser haltenden Glaskugel an einer 0,75 Z. weiten Röhre, ch welche die Kugel eines Thermometers[2] bis in die Mitte kugelförmigen Erweiterung gebracht, mit der zu prüfenden stanz umgeben und dann dessen Röhre mit geätzter Scale mittelst eines Korkes befestigt wurde. In siedendem Wasrde die Kugel bis zur Siedehitze erwärmt, dann in Eis erkaltetes Wasser getaucht, und die Zeit, welche das rmometer erforderte, um von 70° R. bis 10° R. herabzusinken, mmte die Leitungsfähigkeit der eingeschlossenen Substanz. Umkehrung dieses Verfahrens bestand darin, die Kugel in sser zu erkälten und dann die Zeit zu bestimmen, die edurfte, um in siedendem Wasser von 10° R. bis 70° R. rmt zu werden. Die auf die letztere Weise erhaltenen ate wollen wir ganz unberücksichtigt lassen, von den en aber nur eine allgemeine Uebersicht geben. Die Zeides Erkaltens der eingeschlossenen Substanzen von 70° bis R. waren in Secunden

---

[1] New Experiments upon Heat, by Col. Sir Benj. Thomson. 1786. 4. Philos. Trans. T. LXXVI. u. LXXVII. Ebend. T. XII. Jahr 1792. P. I. p. 48. Ueb. in Gren's Journ. Th. VII. S. 245. 314.

[2] Rumford nennt ein solches Thermometer *Passage-Thermometer*; es ist aber unnöthig, hierfür eine besondere Bezeichnung festzuetzen.

Digitized by Google

für bloſse Luft			576	Sec.
–	16 Gran	rohe Seide	1248	—
–	—	Schafwolle	1118	—
–	—	Baumwolle	1046	—
–	—	feine ausgezupfte Leinwand	1032	—
–	—	Biberhaare	1296	—
–	—	Hasenhaare	1315	—
–	—	Eiderdaunen	1305	—
–	—	zerzupften Taffent	1169	—
–	—	Nähseide	917	—
–	—	umwickeltes Wollengarn	934	—
–	—	umwickeltes Baumwollengarn	852	—
–	—	umwickeltes Leinengarn	873	—
–	—	umwickelte Leinwand	783	—
–	176 Gran	pulverisirte Holzkohle	940	—
–	195 Gran	Lampenruſs	1171	—
–	307 Gran	trockne Holzasche	927	—
–	256 Gran	semen Lycopodii	1488	—

Rumford hat aus diesen Versuchen die Gesetze des Erk
im Allgemeinen nicht weiter entwickelt, auch sind sie l
nicht mit der erforderlichen Berücksichtigung aller in Be
kommenden Bedingungen angestellt, vielmehr ist bloſs die
gerung daraus abgeleitet, daſs Hasenhaare und rohe Sei
meisten warm halten, weil bei ihnen die längste Zeit
dert wurde, bis das eingeschlossene Thermometer erkaltet

259) In gleicher Absicht, als welche die eben gen
Versuche veranlaſste, stellte auch Sennebier[1] eine groſse
he an, indem er eine Thermometerkugel mit den versch
nen zur Bekleidung dienenden Körpern umwickelte, bis
(der Blutwärme) erhitzte, neben einem unbekleideten Th
meter in kalter Luft aufhing und die Zeiten des Erk
maſs. Die Resultate fallen nur zum Theil in den Bereic

1 Mém. de l'Acad. de Turin. Ann. XIII., daraus in Gehlen's
für Chem., Phys. u. Min. Th. VII. S. 307.

Digitized by Google

liegenden Untersuchung und haben in dieser Beziehung wenig Werth, um eine nähere Berücksichtigung zu ver-nen.

260) Eine unglaubliche Menge Versuche über das Erkal-der verschiedenartigsten Körper in ruhiger Luft hat C. W. KMANN[1] angestellt. Hierzu bediente er sich sehr dünner kugeln von nur etwa 0,1 bis 0,2 Lin. Glasdicke für Flüs-keiten, Pulver und fadenartige Körper, die in dieselben ein-chlossen wurden; auf gleiche Weise liefs er aus den ver-denartigsten Hölzern, Metallen und sonstigen starren Kör-n gleichfalls Kugeln verfertigen, insgesammt einander an se gleich und zwar einen Zoll im Durchmesser haltend. Glaskugeln waren mit einer Röhre versehn, in die übrigen ein cylindrisches Loch gebohrt, um die Kugel eines fei-Thermometers bis in den Mittelpunct einzubringen, dessen sich dann, bei den Glaskugeln durch einen Pfropfen, den übrigen durch einen ausgehöhlten Zapfen von der Masse Kugeln, befestigen liefs, um die so vorgerichteten Apparate dem Erhitzen mittelst einer Schleife von dünnem Mes-draht an einem Gestelle zwischen zwei andern freien Ther-metern zum Messen der äufseren Temperatur aufzuhängen. Beobachtung der Zeit des Erkaltens geschah für Tempera-minderungen von 5° zu 5° R. an einem guten Chrono-, und es wurde dabei Sorge getragen, dafs sich die äu-Temperatur während der ganzen Dauer nicht merklich rte, die Erwärmung der Kugeln aber geschah durch Ein-derselben in ein Gefäfs mit feinem Rheinsande, unter dem eine Weingeistlampe brannte. Die erhaltenen Resul-könnten vielseitig zur Begründung der Erkaltungsgesetze zt werden, BORCKMANN stellte die Versuche aber nur in Absicht an, um aus der Zeitdauer des Herabgehens der von einer höhern Temperatur zu einer niedrigern un-stens gleichen Bedingungen die der erforderlichen Zeit ehrt proportionale *Wärmeleitung* der verschiedenen Sub-zu ermitteln; auch sind die von ihm mitgetheilten chtungen zu unvollkommen, als dafs man weitere Resul-namentlich die specifischen Wärmecapacitäten der zahl-

[1] Versuche über die Wärmeleitung verschiedener Körper. Carlsr. 8.

reichen von ihm untersuchten Körper, aus ihnen ableit
könnte. Da es aber keinen anderweitigen gleich zahlreichen B
stimmungen der Erkaltungszeiten so vieler ungleicher, do
gleiche Gröfse aber vergleichbarer Körper giebt, die im G
zen unter übrigens gleichen Bedingungen beobachtet wur
so scheint es mir allerdings der Mühe werth, die Zeiten,
denen die Kugeln von 87°,5 bis 25° C. erkalteten, die in
cunden mittlerer Zeit gemessen wurden, und die daraus abge
tete, der Zeit umgekehrt proportionale, auf Wismuth als E
heit reducirte Wärmeleitung tabellarisch zusammenzustellen.

Substanzen	Zeit des Erkaltens	Leitung	Substanzen	Zeit des Erkaltens	L
Wismuth	1171	1,000	Hanfstengel . . .	740	
Gold	2503	0,468	Mandelbaumholz	1198	
Silber	2603	0,450	Saffranholz . . .	1249	
Kupfer	3370	0,347	Apfelbaumholz .	1169	
Messing	3446	0,340	Kampherbaumholz	939	
Eisen	3599	0,325	gelbliches Eisenholz	1402	
Blei	1360	0,861	braunes Eisenholz	1256	
Zinn	1770	0,662	schwarzes Eisenholz	1557	
Zink	2936	0,399	Buchenkohle . . .	964	
Spiefsglanz . . .	1298	0,902	desgl. gepulvert .	847	
Nickel	2812	0,416	Buchenasche . . .	892	
Quecksilber . . .	1416	0,827	Unschlitt	2971	
Zinn–Blei gl. Th.	1642	0,713	Wachs	3208	
Blei–Kupfer gl. Th.	2561	0,457	Quecksilberoxyd	974	
Wismuth–Kupfer	2317	0,505	Bärlapsamen . . .	1291	
Letternmetall . .	1605	0,730	kohlensaures Natron	1141	
Rose'sches Metall	1668	0,702	Colcothar	1914	
Zinn–Zink gl. Th.	2383	0,498	schwarze Kreide	1660	
Sandstein, röthlich	1588	0,737	weifse Kreide . .	1262	
grauer Kalk . . .	1946	0,602	weifser Thon . .	1597	
gelblicher Kalk .	1729	0,677	gebrannter Thon	1294	
gebrannter Kalk .	746	1,570	gebrannter. glas.		
gelöschter Kalk .	1225	0,964	Thon	1322	
Lindenholz . . .	1066	1,098	gelber gebrannter		
Buchenrinde . . .	1216	0,963	Töpferthon .	1155	
Nufsbaumholz . .	1007	1,163	römischer Backstein	1214	
Kastanienholz . .	937	1,250	Dachschiefer . . .	1824	
Pflaumenholz . .	1239	0,945	Bimsstein	801	
Citronenholz . .	1428	0,820	Gyps	1635	

Digitized by Google

Zahl	Zahl	Zahl
Nummer	Nummer	Nummer
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9
10	10	10
11	11	11
12	12	12
13	13	13
14	14	14
15	15	15
16	16	16
17	17	17
18	18	18
19	19	19
20	20	20
21	21	21
22	22	22
23	23	23
24	24	24
25	25	25
26	26	26
27	27	27
28	28	28
29	29	29
30	30	30
31	31	31
32	32	32
33	33	33
34	34	34
35	35	35
36	36	36
37	37	37
38	38	38
39	39	39
40	40	40
41	41	41
42	42	42
43	43	43
44	44	44
45	45	45
46	46	46
47	47	47
48	48	48
49	49	49
50	50	50
51	51	51
52	52	52
53	53	53
54	54	54
55	55	55
56	56	56
57	57	57
58	58	58
59	59	59
60	60	60
61	61	61
62	62	62
63	63	63
64	64	64
65	65	65
66	66	66
67	67	67
68	68	68
69	69	69
70	70	70
71	71	71
72	72	72
73	73	73
74	74	74
75	75	75
76	76	76
77	77	77
78	78	78
79	79	79
80	80	80
81	81	81
82	82	82
83	83	83
84	84	84
85	85	85
86	86	86
87	87	87
88	88	88
89	89	89
90	90	90
91	91	91
92	92	92
93	93	93
94	94	94
95	95	95
96	96	96
97	97	97
98	98	98
99	99	99
100	100	100

Substanzen	Zeit des Erkaltens	Leitung	Substanzen	Zeit des Erkaltens	Le tun
Weidenholz . . .	938	1,248	Platanenholz, abendländisches . .	1394	0,
Trauerweidenholz	1153	1,016	Weifstannenholz	1324	0,
Zitterpappelholz	1153	1,016			
schwarzes Pappelholz	1153	1,016	americanisches Nufsbaumholz . . .	1210	0,
Platanenholz, orientalisches . . .	1286	0,911	Mahagoniholz . .	1220	0,
			Buchsbaumholz .	1308	0,

261) Borckmann benutzte seine Versuche noch zur E scheidung anderweitiger, auf die Gesetze des Erkaltens beziehender Fragen, die wir hier noch kurz erwähnen wol Gleiche Kugeln von Gyps, die eine nackt, die andere in ner Glashülle, erkalteten in 1173 und 1132 Sec., wonach das Ausstrahlungsvermögen beider nur wenig verschieden gleiche Kugeln von Rose'schem Metall dagegen in 1668 1511 Sec. mit merklicher gröfserer Strahlung der Glash Hiermit stimmt ein Resultat überein, welches Rumford[1] hielt, indem er heifses Wasser in gleich grofsen gläse Flaschen und solchen von Weifsblech erkalten liefs und f dafs die ersteren ungeachtet ihrer sechsmal gröfseren Dicke Wandungen dennoch früher erkalteten. Schneller Wechsel Luft befördert das Erkalten ausnehmend, denn bei einer bl ken Wismuthkugel verhielten sich die Zeiten der Abkühlung 60° bis 30° R. in ruhiger und in stark bewegter Luft wie zu 203 und bei einer geschwärzten wie 509 zu 213. Bior fand in seinen (§. 253) erwähnten Versuchen mit ungl grofsen Kugeln die Zeiten des Erkaltens den Durchmes proportional, und ein ähnliches Resultat erhielt auch Bor mann, jedoch mit einer sehr bedeutenden, nicht leicht zu klärenden Fehlergrenze. Theoretisch richtig bemerkt er, die Zeit des Erkaltens der Masse direct und der Oberfl umgekehrt proportional seyn müsse, welches für die Dur messer D und d das Verhältnifs $\frac{D^3}{D^2} : \frac{d^3}{d^2}$, also D:d giebt

1 Mém. de l'Institut. T. VI. p. 102.

d by Google

hielt aber die Erkaltungszeiten mit Kugeln von 2 und 1 Zoll urchmesser von 60° bis 30° R. bei Wismuth = 2,35:1, i Zink = 2,08:1, bei Hagebuchenholz = 2,59:1.

262) Die Versuche, welche mit gleich grofsen Kugeln s schnell erkaltenden Wismuths und des langsam erkaltenden bers angestellt wurden, bestätigen das früher hierüber Be- nte. Wird das Leitungsvermögen (oder die Strahlung) den iten des Erkaltens umgekehrt proportional angenommen, so en folgende Zahlen die Verhältnisse zuerst für Wismuth.

Polirte Wismuthkugel	1,000
mit schwarzem Tusch überzogen	1,225
mit reiner Goldschlägerhaut überzogen	1,174
dieselbe, den Ueberzug geschwärzt	1,196
dieselbe, mit weifser Farbe überzogen	1,180
mit Gummi befeuchtet und mit Wismuthfeilicht bestreut	1,132
mit Rauch geschwärzt	1,252
mit schwarzem Taffent überkleidet	1,146
mit weifsem Krepp überzogen	1,118
mit schwarzem Krepp überzogen	1,120
mit weifsem Taffent überkleidet	1,154
mit dichtem Musselin überzogen	1,129
mit weifsem Seidenpapier überzogen	1,232
dieses mit Tusch gefärbt	1,246
mit weifsem glasirten Handschuhleder bekleidet	0,957
durch Gummiwasser mit Flaumfedern bekleidet	0,926
mit weifsem Flanell überzogen	0,958

Verhältnisse für Silber.

Polirte Silberkugel	1,000
mit Tusch geschwärzt	1,426
durch Rauch geschwärzt	1,490
mit Goldschlägerhaut überzogen	1,487
letztere geschwärzt	1,436
mit schwarzer Seide überzogen	1,535
mit weifsem Seidenpapier überzogen	1,527
dieses geschwärzt	1,552

Digitized by Google

263) Noch verdienen die Versuche erwähnt zu werden, in denen Borckmann[1] die Abkühlungszeiten durch Quecksilber, Wasser und Luft mit einander verglich. Hierbei wurde die erwärmten Kugeln in eine grofse Masse Wasser oder in eine Wanne, die etwa einen Centner Quecksilber enthielt, gesenkt oder in ruhiger Luft aufgehangen; alle drei Medien waren von 15°,7 R. Temperatur und das Quecksilber stieg um etwa 0°,4 bis 0°,7. Die Zeiten des Erkaltens von 60° bis 30° R. waren

Substanzen	Quecksilber	Wasser	Luft
Eisen	7,3 Sec.	20,0 Sec.	1533 Sec.
Molybdän . .	8,0 —	12,2 —	725 —
Wismuth . . .	8,6 —	15,0 —	509 —
Quecksilber . .	13,0 —	23,0 —	604 —
Nickel	25,5 —	25,8 —	1220 —
Kalkstein . . .	30,0 —	29,3 —	788 —
Sandstein . . .	31,0 —	31,0 —	679 —
Wasser . . .	40,5 —	61,3 —	1169 —
Kohle	44,3 —	159,2 —	357 —
glasirter Thon .	57,0 —	70,0 —	557 —
Bimsstein . . .	75,6 —	78,0 —	349 —
Buchenholz . .	77,0 —	142,0 —	414 —
Elfenbein . . .	107,0 —	144,3 —	982 —
Tannenholz . .	125,5 —	160,0 —	438 —
Mahagoniholz .	128,0 —	168,0 —	486 —
Korkholz . . .	182,0 —	383,0 —	461 —
Luft	244,2 —	244,5 —	317 —

Hierbei bezieht sich aber die Aufnahme der Wärme auf solche Körper, die mit den wärmeren in unmittelbare Berührung kommen; es sind daher nicht blofs diejenigen, welche Wärme abgeben, sondern zugleich auch diejenigen, welche sie aufnehmen, zu berücksichtigen, worüber später (§. 269) gehandelt werden wird; wir wollen indefs vorläufig einige hiermit zusammenhängende Erscheinungen hier kurz erörtern.

---

1 Schon früher hatte Richmann in Nov. Com. Petrop. T. III. 309 gefunden, dafs Quecksilber die Wärme leichter annehme und abgebe, als Wasser, ganz gegen die frühere Annahme, wonach dieses Vermögen der Dichtigkeit der Körper umgekehrt proportional sein sollte.

Digitized by Google

Mit Reform und Reformer[1] haben bei dem Führer, Reichsminister Dr. Frank, und seinen Mitarbeitern die Begriffe Strafrecht, Strafvollzug, Strafen, Strafarten, Strafmittel, Strafen im Sinne schärfer, harte Strafen, Strafverschärfung, Strafe als Abschreckung, Strafe als Vergeltung, Strafe als Sühne, Strafe als Rache, Strafe als Ausmerzung, Strafe als Vernichtung, Strafe als Beseitigung, Strafe als Unschädlichmachung, Strafe als Ausschaltung

der Fäden mit Gummiwasser auf die Scheiben geklebt und d Versuche damit angestellt; ihr Absorptionsvermögen zeigte sich folgender Ordnung zunehmend: Seide, Wolle, Baumwolle, Lein Hanf, also dem Durchleitungsvermögen gerade entgegengesetzt. A gleiche Weise verhielten sich gleiche Metallplättchen, wel auf die Scheiben geklebt wurden, denn auch hierbei zeigte sich das Absorptionsvermögen in folgender Ordnung zunehmend Kupfer, Silber, Gold, Stahl, Eisen, Zinn, Blei. Auch Holz mit Steinen und Steine mit Blei verglichen gaben hierin übereinstimmende Resultate, und es mufs daher als allgemeines Gesetz gelten, dafs unter sonst gleichen Bedingungen Körper um so viel mehr Wärme absorbiren, je schlechter sie leiten[1].

265) Mit alleiniger Rücksicht auf den Einflufs, welchen die Verschiedenheiten der Farbe auf die Strahlung, namentlich die *Einstrahlung*, der Wärme ausüben, sind verschiedene Versuche angestellt worden, die noch eine kurze Erwähnung verdienen. Ueber die gröfsere Erwärmung der dunklen Körper durch die Sonnenstrahlen ist oben (§. 54) gehandelt worden, und man hat dieses auf die leuchtenden Wärmestrahlen überhaupt ausdehnen wollen; es blieb dabei aber immer fraglich, ob sich bei den dunklen leuchtenden Wärmestrahlen etwas Aehnliches zeigt, und diese Frage wurde eigentlich von den Physikern kaum mit Bestimmtheit aufgeworfen. Ueberhaupt ist zu bedauern, dafs man die Erscheinungen der dunklen Wärme von denen, die mit Licht verbunden sind, früher nicht genügend sonderte, da es fast unumgänglich nöthig ist, zuerst das Verhalten der dunklen Wärme, also der Wärme an sich, zu erforschen[2] und dann zugleich die durch den Einflufs des Lichtes modificirten Erscheinungen zu untersuchen. Die oben erwähnten Versuche bezogen sich blofs auf leuchtende Wärmestrahlen, Humphry Davy[3] deutet indefs im Allgemeinen an, dafs die Farbe der Körper wahrscheinlich einen Einflufs auf ihr Vermögen, Wärme jeder Art aufzunehmen, ausübe. Hierdurch aufmerksam gemacht äufsert Thom-

---

1 Dieses Resultat ist zwar schätzbar, allein dennoch ohne höheren Werth, weil die Bestimmung des Quantitativen der absorbirten und reflectirten Wärme fehlt.

2 Schon Mariotte in Traité des couleurs. Par. 1777. p. 238 erkannte die Nothwendigkeit hiervon.

3 Elements of chemical philosophy. Lond. 1802. P. I.

4 Elements of Chemistry 4th Ed. p. 18.

es sey wünschenswerth zu untersuchen, ob man der *Farbe* der Körper irgend einen Einfluſs auf das Absorptionsvermögen auch der dunklen Wärme zuschreiben müsse, und THOMAS THOMSON[1] bemerkt ausdrücklich, es sey bis jetzt unmöglich gewesen, zu ermitteln, ob Härte, Weichheit und Farbe irgend einen Einfluſs auf die Wärmestrahlung ausübe. Diese Lücke beabsichtigte JAMES STARCK[2] auszufüllen, und obgleich seine Versuche auch unter den Abschnitt *Durchleitung* zu bringen wären, so wollen wir sie doch den bisher betrachteten anreihen.

266) STARCK bediente sich eines sehr einfachen, dem von RUMFORD gebrauchten nachgebildeten Apparates, eines feinen Thermometers, welches in eine unten verschlossene Glasröhre gesenkt und dessen Kugel dann mit den zu untersuchenden Körpern umgeben wurde. Die so vorgerichtete Röhre lieſs er bis 10° C. erkalten, senkte sie dann in siedendes Wasser und maſs die Zeit, bis das Thermometer bis 76°,67 C. gestiegen war. Von seinen vielen Versuchen wird es genügen, nur die Hauptresultate der wichtigsten kurz mitzutheilen. Bei Anwendung feiner Wolle stieg das Thermometer zu der angegebenen Höhe

bei schwarzer in	4	Min.	30	Sec.
— dunkelgrüner in	5	—	0	—
— scharlachrother in	5	—	30	—
— weiſser in	8	—	0	—

Als statt 30 Gr. Wolle nur 20 Gr. genommen wurden, zeigte sich ein geringerer Unterschied, denn die Erwärmung erfolgte

bei schwarzer in	6	Min.	35	Sec.
— dunkelgrüner in	7	—	43	—
— scharlachrother in	8	—	3	—
— weiſser in	8	—	45	—

STARCK stellte demnächst zwei Versuchsreihen an, um den Einfluſs der Farbe auf leuchtende Wärmestrahlen zu ermitteln, und bediente sich dabei eines empfindlichen Lufthermometers,

---

[1] An Outline of the Sciences of Heat and Electricity. Lond. 1830. p. 147.

[2] Philos. Trans. 1833. P. II. p. 285. Edinburgh New. Phil. Journ. V. XXXIII. p. 65.

Digitized by Google

dessen Kugel mit einer dicken Lage des Pigments überzo war, auf welche dann die durch einen 3zolligen Hohlspie reflectirten Strahlen einer Argand'schen Lampe so lange fie bis das Thermometer seinen höchsten Stand erreicht hatte u stationär wurde oder wieder zurückging. Hierbei stieg Thermometer im Mittel aus drei wenig von einander abw chenden Versuchen von 1° der Scale, welche 10 Theile a Zoll enthielt,

bei Schwarz von Lampenrufs bis	83°
— tiefem Braun	74
— Orangeroth	58
— Gelb	53
— Weifs	45

Als der Ueberzug sehr dünn und die Flamme mehr ermä war, stieg das Thermometer von 1°

bei Schwarz bis	52°
— Berlinerblau	50
— Umbrabraun	47
— Grün	44
— Orangeroth	44
— Gelb	39
— Weifs . . .	34

Um durch ein umgekehrtes Verfahren den Einfluſs der Fa auf die Ausstrahlung zu messen, wurde das erste Thermo ter mit 30 Gr. gefärbter Wolle umgeben, dann in heifs Wasser bis 87°,78 C. erhitzt, demnächst, nachdem es bis 82° erkaltet war, in Wasser von 7°,22 C. getaucht, und erkal dann bis 10° C.

bei schwarzer Wolle in	21	Min.
— rother	26	—
— weifser	27	—

War die Thermometerkugel statt mit 30 Gr. nur mit 20 umgeben, so erfolgte das Erkalten

bei schwarzer Wolle in	15	Min.	45	Sec.
— rother	17	—	0	—
— weifser	18	—	30	—

Einen gleichen Einfluſs der Farbe auf die Wärmestrahlu

Digitized by Google

zeigten die folgenden zwei Versuchsreihen, deren erste mit gefärbtem feinem Weizenmehl angestellt wurde, womit die Kugel des ersten Thermometers umgeben war. Die Quantität derselben betrug 100 Gr. und die Art der Messung war ganz dieselbe, als bei Anwendung der Wolle. Die Erkaltung erfolgte

bei schwarz gefärbtem Mehl in	9 Min.	50 Sec.
— braun gefärbtem . . .	11 —	0 —
— gelb gefärbtem	12 —	0 —
— weifsem	12 —	15 —

Bei der zweiten Versuchsreihe wurde die Kugel des Luftthermometers mit verschiedenen Farben überzogen, bis zu 100 Graden der oben angegebenen Scale erhitzt und dann die Zeit des Erkaltens bis zu 1 Grad gemessen. Im Mittel wurden hierzu erfordert

für die schwarz gefärbte Kugel	2 Min.	2,5 Sec.
— — braun gefärbte —	2 —	40,0 —
— — orangeroth gefärbte —	2 —	44,5 —
— — gelb gefärbte —	4 —	29,0 —
— — weifs gefärbte —	5 —	50,5 —

267) Die hier mitgetheilten Resultate und die daraus abgeleiteten Folgerungen sind von mehreren Seiten angegriffen worden. Herr Powell[1], welcher sich überhaupt viel mit der Optik beschäftigt und die Gesetze der Strahlung speciell in einer ausführlichen Abhandlung[2] erörtert hat, bezieht sich auf eine frühere Bemerkung von Leslie, dafs der Einfluss der Farbe auf die Strahlung gar nicht zu ermitteln sey, weil jederzeit ein Pigment angewandt werde, dessen eigenthümliche Beschaffenheit dabei unberücksichtigt bleibe. Obgleich daher die erwähnten Versuche allerdings von grofser Wichtigkeit sind, so fehlt uns doch gänzlich die Kenntnifs der eigenthümlichen Beschaffenheit der Körperelemente, wodurch die Farbe bedingt wird. Vor allen Dingen aber meint auch Baden Powell mit Recht, dafs bei einigen der Versuche die leuchtende Wärme von der dunkeln nicht geschieden sey, da doch nach H. Davy und vielen Anderen die durch das Licht erzeugte Wärme ganz verschie-

1 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXXIV. p. 228.
2 Reports of the British Assoc. T. I. p. 203 ff.

Am 10. bis 20. Juli. Abreise. Abschiedsbesuche. Besuch bei Herrn Dr. Schmidt, der mir einen Brief an Herrn Dr. Schulz, Arzt in Tiflis, mitgab, und Herrn Dr. Hoffmann, welcher mir die Bekanntschaft des Herrn Dr. Schulz in Tiflis empfahl. Besuch bei Herrn Dr. Schulz, der mir einen Brief an Herrn Dr. Hoffmann in Tiflis mitgab. Besuch bei Herrn Dr. Hoffmann, der mir einen Brief an Herrn Dr. Schulz in Tiflis mitgab

Ehe die alten Besoldungen und noch mehr eigentlich die, welche nicht in Geld bestanden, ganz aufhörten, wurden sie durch Gesetze und Verordnungen oft geändert, wie z. B. durch die Besoldungs-Ordnung, Nr. 1, durch die mit derselben verbundene Tabelle, Nr. 2, durch die Verordnung, Nr. 3, durch die Verordnung, Nr. 4, durch die Verordnung, Nr. 5, durch die Verordnung, Nr. 6, durch die Verordnung, Nr. 7, durch die Verordnung, Nr. 8, durch die Verordnung, Nr. 9, durch die Verordnung, Nr.

Nr.	Kalenderstil	Datum	Art	Inhalt
1.	Kalenderstil	1. Januar	Fest	Beschneidung des Herrn
2.	Kalenderstil	6. Januar	Fest	Erscheinung des Herrn
3.	Kalenderstil	2. Februar	Fest	Mariä Reinigung
4.	Kalenderstil	24. Februar	Fest	Matthias
5.	Kalenderstil	25. März	Fest	Mariä Verkündigung
6.	Kalenderstil	24. April	Fest	Georg
7.	Kalenderstil	1. Mai	Fest	Philippus und Jakobus
8.	Kalenderstil	3. Mai	Fest	Kreuzauffindung
9.	Kalenderstil	25. Juni	Fest	Johannes der Täufer
10.	Kalenderstil	29. Juni	Fest	Peter und Paul
11.	Kalenderstil	25. Juli	Fest	Jakobus
12.	Kalenderstil	6. August	Fest	Verklärung Christi
13.	Kalenderstil	15. August	Fest	Mariä Himmelfahrt
14.	Kalenderstil	24. August	Fest	Bartholomäus
15.	Kalenderstil	29. August	Fest	Johannes der Täufer
16.	Kalenderstil	8. September	Fest	Mariä Geburt
17.	Kalenderstil	14. September	Fest	Kreuzerhöhung
18.	Kalenderstil	21. September	Fest	Matthäus
19.	Kalenderstil	29. September	Fest	Michael
20.	Kalenderstil	18. Oktober	Fest	Lukas
21.	Kalenderstil	28. Oktober	Fest	Simon und Judas
22.	Kalenderstil	30. November	Fest	Andreas
23.	Kalenderstil	6. Dezember	Fest	Nikolaus
24.	Kalenderstil	21. Dezember	Fest	Thomas
25.	Kalenderstil	25. Dezember	Fest	Geburt Christi
26.	Kalenderstil	26. Dezember	Fest	Stephanus
27.	Kalenderstil	27. Dezember	Fest	Johannes der Evangelist
28.	Kalenderstil	28. Dezember	Fest	Unschuldige Kinder
29.	Kalenderstil	29. Dezember	Fest	Thomas von Canterbury
30.	Kalenderstil	31. Dezember	Fest	Silvester
31.	Kalenderstil	1. Januar	Fest	Beschneidung des Herrn
32.	Kalenderstil	6. Januar	Fest	Erscheinung des Herrn
33.	Kalenderstil	2. Februar	Fest	Mariä Reinigung
34.	Kalenderstil	24. Februar	Fest	Matthias
35.	Kalenderstil	25. März	Fest	Mariä Verkündigung
36.	Kalenderstil	24. April	Fest	Georg
37.	Kalenderstil	1. Mai	Fest	Philippus und Jakobus
38.	Kalenderstil	3. Mai	Fest	Kreuzauffindung
39.	Kalenderstil	25. Juni	Fest	Johannes der Täufer
40.	Kalenderstil	29. Juni	Fest	Peter und Paul
41.	Kalenderstil	25. Juli	Fest	Jakobus
42.	Kalenderstil	6. August	Fest	Verklärung Christi
43.	Kalenderstil	15. August	Fest	Mariä Himmelfahrt
44.	Kalenderstil	24. August	Fest	Bartholomäus
45.	Kalenderstil	29. August	Fest	Johannes der Täufer
46.	Kalenderstil	8. September	Fest	Mariä Geburt
47.	Kalenderstil	14. September	Fest	Kreuzerhöhung
48.	Kalenderstil	21. September	Fest	Matthäus
49.	Kalenderstil	29. September	Fest	Michael
50.	Kalenderstil	18. Oktober	Fest	Lukas
51.	Kalenderstil	28. Oktober	Fest	Simon und Judas
52.	Kalenderstil	30. November	Fest	Andreas
53.	Kalenderstil	6. Dezember	Fest	Nikolaus
54.	Kalenderstil	21. Dezember	Fest	Thomas
55.	Kalenderstil	25. Dezember	Fest	Geburt Christi
56.	Kalenderstil	26. Dezember	Fest	Stephanus
57.	Kalenderstil	27. Dezember	Fest	Johannes der Evangelist
58.	Kalenderstil	28. Dezember	Fest	Unschuldige Kinder
59.	Kalenderstil	29. Dezember	Fest	Thomas von Canterbury
60.	Kalenderstil	31. Dezember	Fest	Silvester

Die Form komponiert. Verschiedene gute und leichte Art, ein regelmäßiges Kreuz zu finden, ist die folgende: Man teile jede Seite, hier durch die Linien ab, in 8 gleiche Teile, ziehe die Linien 1 bis 8, 2 bis 7, 3 bis 6 und 4 bis 5, so ist das Kreuz gefunden. Man kann auch die Linien 1 bis 8, 2 bis 7, 3 bis 6 und 4 bis 5 ziehen. Alles in Linien, die 90° bilden, also rechtwinklig sind, wie 1 bis 8 und 2 bis 7 usw. Die Linien 1 bis 8, 2 bis 7, 3 bis 6 und 4 bis 5 bilden

der dunklen Wärme auf keine Weise von der Farbe und selbst nicht von der chemischen Beschaffenheit der Körper abhängt, sondern dafs jede einzelne Substanz ein eigenthümliches Vermögen besitze, welches vorläufig blofs durch Versuche bestimmbar ist[1].

γ) Uebergang der Wärme aus einem Körper in einen andern.

269) Bei den bisherigen, unter Strahlung zusammengefafsten Untersuchungen kamen alle diejenigen Erscheinungen in Betrachtung, wobei die Wärme einen Körper verläfst oder auch in denselben aufgenommen wird, ohne den gegenseitigen Austausch beider Körper zu berücksichtigen. Wenn ferner Körper ihre Wärme ausstrahlen, so kann dieses zwar in den leeren Raum geschehn, allein für alle irdische Erfahrungen ist dieser wieder durch irgend eine Hülle umgrenzt seyn, und ebenso mufs die Quelle, aus welcher Wärme zum Körper fliefst, sich an irgend einem zu diesem Körper relativen Orte befinden. Bisher wurde auf diesen Abstand nicht Rücksicht genommen, aufser insofern die Luft oder tropfbare Flüssigkeiten der Oberfläche des fraglichen Körpers zuströmen und von daselbst vorhandenen Wärme einen Theil abführen oder selben mittheilen. Ist der Abstand beider Körper von einander ein grofser, so können die hieraus hervorgehenden Modificationen vernachlässigt werden, allein der Abstand kann auch kleiner werden und bis zur gänzlichen Berührung verschwinden. Ist im letzteren Falle diese Berührung innig und

---

[1] Gelehrte theoretische Untersuchungen über Wärmestrahlung, deren nicht füglich ein kurzer Auszug mitgetheilt werden kann, enthalten in Fourier Théorie analytique de la chaleur. Par. 1822. Von demselben eine Abhandlung in Mém. de l'Inst. T. V. und T. p. 581, desgleichen in Ann. de Chim. et Phys. T. IV. p. 128, VI. p. 259. T. XXVII. p. 236. T. XXVIII. p. 37 und Poggendorff's Ann. II. 359. Lond. and Edinb. Philos. Mag. N. VIII. p. 103. Von Poisson in Théorie mathématique de la Chaleur. Par. 1835. desgleichen in Ann. de Chim. et Phys. T. XXVI. p. 225. T. XXIII. p. 337 eine Abhandlung von Libri, der Akademie im Jahre 1833 mitgetheilt. S. Crelle Journ. für reine und angewandte Mathematik. Th. VII. S. 116.

geben. So scheinen z. B. Metalle, namentlich Quecksilb Wasser, Steine u. s. w. wärmer oder kälter als Asche, Ho Leder u. s. w., wenn ihre übrigens gleiche Temperatur hö oder niedriger ist, als die der Hand. Hierher gehört fer das augenblickliche Festfrieren der nassen Hand oder Zunge Metallen bei strenger Kälte, was bei gleich kaltem Holze, Le u. s. w. nicht statt findet, das Anlegen des Reifes bei stre Kälte an Fensterscheiben und Metalle, welche von aufse bis in geheizte Zimmer geleitet sind, oder an Mauern n eingetretenem Thauwetter, das Aufnehmen des Wasserdun und Lichtschwalkes, welches durch massive Wände gesch während hölzerne davon frei bleiben, und eine Menge ähn cher Erscheinungen, deren Erklärung keinen Schwierigke unterliegt. Wir haben inzwischen in dieser Beziehung n drei höchst wichtige Phänomene zu untersuchen, welche u dem Namen des Leidenfrost'schen Versuches, der Unverbr lichkeit der Menschen und des Trevelyan'schen Apparates kannt sind.

271) Leidenfrost[1] wollte nach der Ansicht von den Elementen diejenige Urerde auffinden, welche aus dem W durch Verdichtung entstehe, und liefs daher anhaltend W in einem erhitzten eisernen Löffel verdampfen. Hierbei wahrte er, dafs kleine Quantitäten des Wassers beim Erglü des Löffels sich zu runden Tropfen formirten, die Fläche Metalls nicht mehr benetzten und ungleich langsamer dampften, als durch eine die Siedehitze nicht viel übersteig Wärme, weswegen er bei der Bekanntmachung dieser Phä mene den Satz aufstellte, die Quantität des verdampfen Wassers sey der Hitze des Metalles umgekehrt proporti Um hierbei gleich grofse Tropfen zu erhalten, bediente er eines Glasröhrchens. Ziegler[2] wiederholte diese Versu und bemühte sich, die Temperatur aufzufinden, bei wel gleich grofse Tropfen am schnellsten verdunsten, die er 149° C. setzte, indem er gleichfalls zu dem Resultate gela

1 De aquae comm. nonnullis qualit. Duisb. 1756. Eine er gewordene Dissertation. Eller scheint die Eigenschaft, dafs Wa tropfen über glühendes Metall schnell hinrollen, zuerst wahrge men zu haben. S. Hist. de l'Acad. de Berlin. 1746. p. 42.

2 Specimen de Digestore Papini. Bas. 1765.

Digitized by Google

Gleiche Bestimmung des Vorjahres enthält der Erl. mit. Ferner ist nach Erl. v. 1. Juli 1911 (Z. 1911, 1, 1) die Ausübung der Gewerbe als Schausteller, Musikanten, die Arbeit in Fabriken und die Verwendung von Kindern unter 14 Jahren zu Botengängen, Austragen von Waren, Sammeln von Lumpen, Knochen, Flaschen, Papier, Metallen, Kohlen, Kehricht, Kleidungsstücken, Tieren, Futtermitteln, Kräutern, Beeren, Pilzen, Blumen, Sträußen, Kränzen, Zeitungen, Zeitschriften, Büchern, Flugschriften, Bildern, Musikalien, Waren, Dienstleistungen, Anzeigen, Adressen, Prospekten, Ankündigungen, Anpreisungen, Lotterielosen, Ansichtskarten, Programmen, Theaterzetteln, Speisekarten, Tanzordnungen, Menukarten, Tischkarten, Tischordnungen, Tischreden, Trinksprüchen, Liedern, Gedichten, Musikstücken, Tänzen, Vorführungen, Darbietungen, Spielen, Wetten, Lotterien, Ausspielungen, Glücksspielen, Sammlungen, Kollekten, Haussammlungen, Straßensammlungen, Vereinsabzeichen, Vereinsfahnen, Vereinsbändern, Vereinsschleifen, Vereinsmützen, Vereinsuniformen, Vereinsmänteln, Vereinsmänteln, Vereinsmützen, Vereinsuniformen, Vereinsschleifen, Vereinsbändern, Vereinsfahnen, Vereinsabzeichen, Sammlungen, Kollekten, Haussammlungen, Straßensammlungen, Glücksspielen, Ausspielungen, Lotterien, Wetten, Spielen, Vorführungen, Darbietungen, Tänzen, Musikstücken

verdampft. Alle diese Erscheinungen betrachtet er als Fol der blanken Oberfläche des Tropfens und seiner Transpare vermöge welcher die von ihm hypothetisch angenomme Wärmewellen theils zurückgeworfen, theils wie die Lichtst len durchgelassen werden, ohne die Temperatur merklich erhöhn, eine durchaus ungenügende Hypothese, weil es derselben überhaupt unmöglich seyn würde, klares Wasser Sieden zu bringen.

272) Der Versuch wurde später sehr häufig in der sicht wiederholt, um auf die genauere Kenntnifs des Phä mens und seiner Bedingungen eine Erklärung zu gründen, jedoch durch eine zufällige Beobachtung von selbst gegeben seyn schien. Nach einer Erzählung von Perkins[1] zersp einst der Generator (Dampferzeuger, Dampfkessel) seiner H druckmaschine mit einem starken Knalle, allein die Masc blieb dennoch im Gange und die Ursache des Knalles dadurch räthselhaft; als aber das Feuer vermindert wurde der Generator sich abkühlte, strömte das Wasser aus den ben mit schrecklichem Getöse ins Feuer, und nach der Ö nung des Heizraumes zeigte sich in der ganzen Länge des nerators ein starker Rifs. Um die auffallende Erscheinung ter zu verfolgen, wurde der Heizraum wieder hergestellt, Generator wieder bis zum Glühen erhitzt und Wasser hin gepumpt, worauf die Maschine abermals ohne Entweichen Dampf arbeitete. Hierauf bohrte Perkins unten in einen Generator ein Loch von $\frac{1}{8}$ Zoll Durchmesser, schrauhte ein sernes, aufwärts gebogenes Rohr hinein, versah dieses oberen Ende mit einem Hahn, erhitzte den Generator mals, und öffnete dann den Hahn des Rohrs, sah aber k Dampf entweichen, ungeachtet er dessen Spannung auf 4 Atmosphären schätzte. Hieraus folgert er, dafs die Wärme bis 344° C. erhitzten Metalles gegen Wasser sowohl, als sogar gegen Wasserdampf eine bis auf $\frac{1}{16}$ Zoll sich erstrec Repulsion ausübe, wodurch dann allerdings sowohl das a gebene Phänomen, als auch Leidenfrost's Versuch eine länglichere Erklärung fände. Indefs weifs ich nicht, ob Erzählung von Perkins aus einem Haschen nach etwas P

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXVI. p. 435. Poggend Ann. XII. 316.

Digitized by Google

Gesellenlaus, die nicht zu verwechseln ist mit der Gesellenlaus, Pediculus humanus, die auf dem Menschen lebt. Sie ist ein Tier, das sich in Gestalt, Größe, Farbe, Art, Aufenthalt, Gewohnheiten, Nahrung, Fortpflanzung, Lebensdauer und Sterblichkeit von der Laus, die auf dem Menschen lebt, nicht unterscheidet

Wörter, Sprachen, Sprachwissenschaft.

Wörter, Sprachen, Sprachwissenschaft.

Wörter, Sprachen, Sprachwissenschaft.

Jahr Ferien. Am 1. September 1879 wurde das Gesetz über die Errichtung von Fortbildungsschulen für Knaben erlassen. Diese Schulen sollen den Unterricht der Volksschule ergänzen und befestigen, sowie die Kenntnisse und Fertigkeiten erweitern, welche für den künftigen Beruf des Schülers von Nutzen sind. Der Besuch dieser Schulen ist für alle Knaben, welche aus der Volksschule entlassen werden, bis zu dem vollendeten 18. Lebensjahre, welche bis dahin nicht bereits eine höhere Lehranstalt besuchen, obligatorisch. Der Unterricht wird in der Regel an Sonntagen ertheilt und dauert wöchentlich zwei Stunden. Die Gemeinden haben die Errichtung der Fortbildungsschulen zu beschließen und die Kosten derselben zu tragen. Die Aufsicht über diese Schulen führt der Ortsschulinspector. Für die Lehrer an diesen Schulen ist eine besondere Prüfung vorgeschrieben. Die Theilnahme am Unterrichte in diesen Schulen ist für die Schüler eine Ehrensache. Wer ohne genügende Entschuldigung dem Unterrichte fernbleibt, wird mit Geldstrafe bis zu 10 Mk. oder mit Haft bis zu 3 Tagen bestraft. Ueber die Theilnahme und die Entschuldigungen wird Controle geführt. Wer sich wiederholt Strafen zuzieht, kann durch Beschluß des Gemeindevorstandes mit Genehmigung des Kreisausschusses aus der Schule entlassen werden. Für die Fortbildungsschulen wurden 1880 in Preußen 1 Mill. Mk. verausgabt. Im Jahre 1881 waren 1 Mill. Schüler in 1 Mill. Schulen. Die Kosten für die Fortbildungsschulen betrugen 1881 1 Mill. Mk. Die Gesetze über die Errichtung von Fortbildungsschulen für Mädchen sind in Vorbereitung.

Das Gesetz über die Errichtung von Taubstummenanstalten vom 26. Mai 1869 bestimmt, daß jeder Taubstumme vom vollendeten 6. bis zum vollendeten 14. Lebensjahre in einer Taubstummenanstalt unterrichtet werden soll. Die Kosten für den Unterricht und Unterhalt der Taubstummen in den Anstalten werden von den Gemeinden, Armenverbänden und Provinzialverbänden getragen. Die Provinzialverbände haben die Errichtung der Taubstummenanstalten zu beschließen und die Kosten derselben zu tragen. Die Aufsicht über die Taubstummenanstalten führt der Provinzialschulcollegium. Für die Lehrer an diesen Anstalten ist eine besondere Prüfung vorgeschrieben. Im Jahre 1881 waren 5000 Taubstumme in 100 Anstalten. Die Kosten für die Taubstummenanstalten betrugen 1881 2 Mill. Mk.

Das Gesetz über die Errichtung von Blindenanstalten vom 11. März 1872 bestimmt, daß jeder Blinde vom vollendeten 6. bis zum vollendeten 14. Lebensjahre in einer Blindenanstalt unterrichtet werden soll. Die Kosten für den Unterricht und Unterhalt der Blinden in den Anstalten werden von den Gemeinden, Armenverbänden und Provinzialverbänden getragen. Die Provinzialverbände haben die Errichtung der Blindenanstalten zu beschließen und die Kosten derselben zu tragen. Die Aufsicht über die Blindenanstalten führt der Provinzialschulcollegium. Für die Lehrer an diesen Anstalten ist eine besondere Prüfung vorgeschrieben. Im Jahre 1881 waren 500 Blinde in 20 Anstalten. Die Kosten für die Blindenanstalten betrugen 1881 500 000 Mk.

Ἀγαθοκλῆς δὲ βασιλεὺς Σικελίας ἐπολέμησεν καὶ Καρχηδονίοις καὶ τοῖς ἀπὸ Σικελίας φυγάσιν. ἐπὶ τούτου Ἀγαθοκλέους ἐν Σικελίᾳ τὰ πρὸς τοὺς Καρχηδονίους καὶ τοὺς ἀπὸ Σικελίας φυγάδας πολεμικὰ συνετάξατο Φίλιστος ὁ Συρακούσιος, ὃς καὶ αὐτὸς ἐπολέμησεν ἐν τοῖς τοῦ βασιλέως στρατεύμασιν. ἐπὶ τούτου Ἀγαθοκλέους καὶ Ἀγαθοκλῆς ὁ υἱὸς ἐπολέμησεν ἐν Σικελίᾳ καὶ Λιβύῃ, καὶ Ἀρχαγάθου τοῦ πατρὸς ἀποθανόντος, ἄρας στρατὸν ἐπὶ Λιβύης ἐπολέμησεν καὶ Καρχηδονίοις καὶ Ἀμυλκίᾳ καὶ Ἀδερβάλ, καὶ

schaften aus den Anlagen in die That treten. Die, aus welchen sich die Gewohnheiten bilden, sind die Triebe, Neigungen und Leidenschaften. Diese sind theils gut, theils böse, theils aber auch weder gut noch böse, sondern nur Naturanlagen, welche erst durch die Gewohnheit gut oder böse werden. Die Gewohnheiten sind also nicht Naturanlagen, sondern Fertigkeiten, Triebe, Neigungen und Leidenschaften. Darum Theremin: Bd. III. S. 37. „Die Gewohnheiten sind nicht Naturanlagen, sondern Fertigkeiten, Triebe, Neigungen und Leidenschaften, welche durch Gewohnheit entstanden sind. Sie sind theils gut, theils böse, theils

Mischung derselben mit Wasser, indem er die durch sie bewirkte Erhöhung der Temperatur der gesammten Wassermasse nach den bekannten Gesetzen der Mischungen hierzu benutzte, wodurch er ihre Temperatur zwischen 36°,48 und 50°,61 fand. Abgesehn davon, dafs dieses Mittel sehr unsicher ist, da die Wassermenge der Tropfen nicht grofs ist und die Bestimmung ihrer Gröfse vielen Schwierigkeiten unterliegt, gewährt auch die von ihm angewandte Formel keine hinlängliche Genauigkeit, indem er $T = t \frac{M}{m}$ setzt, worin M und m die Massen des Wassers, t den Unterschied ihrer Temperaturen und T die gefundene Temperatur bezeichnen. Berichtigt würden die gefundenen Temperaturen 48°,78, 62°,5 und 63°,61 C. betragen, was der Wahrheit schon näher kommen dürfte. Aufserdem fand er, dafs gleich grofse Tropfen von 3′ 7″ bis 1′ Zeit bedurften, um völlig zu verdunsten, wenn die Hitze von der geringsten, wobei das Phänomen eintritt, bis zur stärksten Glühhitze stieg; auch überzeugte er sich, dafs allerdings Dampf gebildet wird, dessen Spannung mit der Hitze zunimmt. Seiner Ansicht nach, die sich auf Versuche mit Wasser und anderen Flüssigkeiten gründet, liegt die Ursache des Phänomens darin, dafs die zugeführte Wärme durch die Verdunstung absorbirt werde und daher das Wasser nicht zum Sieden bringe, als ob beim Sieden nicht ebenso, wie beim Verdunsten, Wasserdampf gebildet würde. Boutigny[1] gewahrte die angegebene Erscheinung bei Wasser, es glückte ihm aber auch rotirende Tropfen von Schwefeläther, Terpentinessenz und Citronenessenz, ja sogar von schwefliger Säure (*acide sulphureux anhydre*) zu erhalten, welche in die Hand geschüttet das Gefühl von Kälte erzeugten. Der Versuch läfst sich nach Beaudrimont nicht blofs mit Metallen, sondern auch mit anderen Körpern anstellen, die man in starke Glühhitze versetzen kann. Die Wärme der Wassertropfen ist auch durch Laurent mittelst eines Thermometers gemessen und nicht unter 95°, genauer aber 99° C. gefunden worden; allein es ist schon bemerkt worden, dafs der Einfluss des erhitzten Metalles auf das Ther-

1 Journ. de Pharmacie 1840. Mai. London and Edinb. Phil. Mag. N. CIX. p. 230. Poggendorff's Ann. LI. 130.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. LXIV. p. 327.

Digitized by Google

Bauer Hans Jakob, ein schweizerischer Arzt, und Ulrich Bolt, ein Buchdrucker, beide in Basel, 1477 (Panzer, Annal. typ. II, 1). Ferner Johann Amerbach, ebenfalls in Basel, 1481 (Panzer, Annal. typ. II, 2). Johann Sensenschmidt und Heinrich Keffer in Bamberg, 1482 (Panzer, Annal. typ. II, 3). Johann Schönsperger, Augsburg, 1482 (Panzer, Annal. typ. II, 4). Johann Prüss, Strassburg, 1483 (Panzer, Annal. typ. II, 5). Johann Bämler, Augsburg, 1483 (Panzer, Annal. typ. II, 6). Johann Zainer, Ulm, 1483 (Panzer, Annal. typ. II, 7). Johann Reger, Ulm, 1483 (Panzer, Annal. typ. II, 8). Johann Schüssler, Augsburg, 1483 (Panzer, Annal. typ. II, 9). Johann Schönsperger, Augsburg, 1483 (Panzer, Annal. typ. II, 10). Johann Zainer, Ulm, 1484 (Panzer, Annal. typ. II, 11). Johann Schüssler, Augsburg, 1484 (Panzer, Annal. typ. II, 12). Johann Schönsperger, Augsburg, 1484 (Panzer, Annal. typ. II, 13). Johann Zainer, Ulm, 1484 (Panzer, Annal. typ. II, 14). Johann Schüssler, Augsburg, 1484 (Panzer, Annal. typ. II, 15). Johann Schönsperger, Augsburg, 1484 (Panzer, Annal. typ. II, 16). Johann Zainer, Ulm, 1484 (Panzer, Annal. typ. II, 17). Johann Schüssler, Augsburg, 1484 (Panzer, Annal. typ. II, 18). Johann Schönsperger, Augsburg, 1484 (Panzer, Annal. typ. II,

wenigen in Rücksicht, als Beispiele, so schwierige, als die Kunst
der Sprache erfordert, und die Kunst der Sprache, als die
Fertigkeit, sie zu überden, so wie auch, als die Fertigkeit
der Methode dieser Fertigkeiten, wenn sie auf gewisse Ge-
genstände angewendet werden, und als diese Gegenstände
selbst, sind Gegenstände der Lehrart, und der Lehrart
selbst, und der Methode, sie zu lehren, sind Gegenstände
der Lehrart, insofern sie Theorien der Methoden sind.
Die Lehrart ist also eine Theorie der Methoden, und
eine Theorie der Methoden, wenn sie auf gewisse Gegen-
stände angewendet werden, und als diese Gegenstände
selbst. Die Lehrart, in dem Verstande, in welchem sie
hier genommen wird, ist also eine Theorie der Theorien
der Methoden, und eine Theorie der Methoden, wenn
sie auf gewisse Gegenstände angewendet werden, und als
diese Gegenstände selbst. Sie ist also eine Theorie der
Theorien der Theorien der Methoden, und eine Theorie
der Methoden, wenn sie auf gewisse Gegenstände ange-
wendet werden, und als diese Gegenstände selbst. Sie ist
also eine Theorie der Theorien der Theorien der Theorien
der Methoden, und eine Theorie der Methoden, wenn
sie auf gewisse Gegenstände angewendet werden, und als
diese Gegenstände selbst. Sie ist also eine Theorie der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Methoden, und eine Theorie der Methoden, wenn sie
auf gewisse Gegenstände angewendet werden, und als
diese Gegenstände selbst. Sie ist also eine Theorie der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Methoden, und eine Theorie der Methoden,
wenn sie auf gewisse Gegenstände angewendet werden,
und als diese Gegenstände selbst. Sie ist also eine Theorie
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Methoden, und eine
Theorie der Methoden, wenn sie auf gewisse Gegenstände
angewendet werden, und als diese Gegenstände selbst.
Sie ist also eine Theorie der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Methoden, und eine Theorie der Methoden,
wenn sie auf gewisse Gegenstände angewendet werden,
und als diese Gegenstände selbst. Sie ist also eine Theorie
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Methoden, und eine Theorie der Methoden, wenn
sie auf gewisse Gegenstände angewendet werden, und als
diese Gegenstände selbst. Sie ist also eine Theorie der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Methoden, und eine Theorie der Methoden,
wenn sie auf gewisse Gegenstände angewendet werden,
und als diese Gegenstände selbst. Sie ist also eine Theorie
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Methoden, und eine
Theorie der Methoden, wenn sie auf gewisse Gegenstände
angewendet werden, und als diese Gegenstände selbst.
Sie ist also eine Theorie der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Methoden, und eine Theorie der Methoden, wenn sie
auf gewisse Gegenstände angewendet werden, und als
diese Gegenstände selbst. Sie ist also eine Theorie der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Methoden, und
eine Theorie der Methoden, wenn sie auf gewisse Gegen-
stände angewendet werden, und als diese Gegenstände
selbst. Sie ist also eine Theorie der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Theorien der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Theorien der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Methoden, und eine Theorie der
Methoden, wenn sie auf gewisse Gegenstände angewendet
werden, und als diese Gegenstände selbst. Sie ist also
eine Theorie der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Methoden, und eine Theorie der Methoden, wenn
sie auf gewisse Gegenstände angewendet werden, und als
diese Gegenstände selbst. Sie ist also eine Theorie der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Methoden, und eine Theorie der Methoden, wenn sie
auf gewisse Gegenstände angewendet werden, und als
diese Gegenstände selbst. Sie ist also eine Theorie der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Methoden, und eine Theorie der Methoden,
wenn sie auf gewisse Gegenstände angewendet werden,
und als diese Gegenstände selbst. Sie ist also eine Theorie
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Methoden, und eine
Theorie der Methoden, wenn sie auf gewisse Gegen-
stände angewendet werden, und als diese Gegenstände
selbst. Sie ist also eine Theorie der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Theorien der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Theorien der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Theorien der Methoden, und eine
Theorie der Methoden, wenn sie auf gewisse Gegenstände
angewendet werden, und als diese Gegenstände selbst.
Sie ist also eine Theorie der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Methoden, und eine Theorie der Methoden, wenn sie
auf gewisse Gegenstände angewendet werden, und als
diese Gegenstände selbst. Sie ist also eine Theorie der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Methoden, und
eine Theorie der Methoden, wenn sie auf gewisse Gegen-
stände angewendet werden, und als diese Gegenstände
selbst. Sie ist also eine Theorie der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Theorien der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Theorien der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Theorien der Theorien der Theo-
rien der Methoden, und eine Theorie der Methoden,
wenn sie auf gewisse Gegenstände angewendet werden,
und als diese Gegenstände selbst. Sie ist also eine Theorie
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Methoden, und eine Theorie der Methoden, wenn
sie auf gewisse Gegenstände angewendet werden, und als
diese Gegenstände selbst. Sie ist also eine Theorie der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Methoden, und eine Theorie der Methoden,
wenn sie auf gewisse Gegenstände angewendet werden,
und als diese Gegenstände selbst. Sie ist also eine Theorie
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Methoden, und eine Theorie der Me-
thoden, wenn sie auf gewisse Gegenstände angewendet
werden, und als diese Gegenstände selbst. Sie ist also
eine Theorie der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Methoden, und eine
Theorie der Methoden, wenn sie auf gewisse Gegen-
stände angewendet werden, und als diese Gegenstände
selbst. Sie ist also eine Theorie der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Theorien der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Theorien der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Theorien der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Methoden, und eine Theorie der
Methoden, wenn sie auf gewisse Gegenstände angewendet
werden, und als diese Gegenstände selbst. Sie ist also
eine Theorie der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Methoden,
und eine Theorie der Methoden, wenn sie auf gewisse
Gegenstände angewendet werden, und als diese Gegen-
stände selbst. Sie ist also eine Theorie der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Methoden, und eine Theorie
der Methoden, wenn sie auf gewisse Gegenstände ange-
wendet werden, und als diese Gegenstände selbst. Sie
ist also eine Theorie der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Methoden, und eine Theorie der Methoden,
wenn sie auf gewisse Gegenstände angewendet werden,
und als diese Gegenstände selbst. Sie ist also eine Theorie
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Methoden, und eine Theorie der Methoden, wenn
sie auf gewisse Gegenstände angewendet werden, und als
diese Gegenstände selbst. Sie ist also eine Theorie der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Methoden, und eine Theorie der Methoden,
wenn sie auf gewisse Gegenstände angewendet werden,
und als diese Gegenstände selbst. Sie ist also eine Theorie
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Methoden, und eine Theorie der Me-
thoden, wenn sie auf gewisse Gegenstände angewendet
werden, und als diese Gegenstände selbst. Sie ist also
eine Theorie der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Methoden, und eine
Theorie der Methoden, wenn sie auf gewisse Gegen-
stände angewendet werden, und als diese Gegenstände
selbst. Sie ist also eine Theorie der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Theorien der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Theorien der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Theorien der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Theorien der Methoden, und eine
Theorie der Methoden, wenn sie auf gewisse Gegenstände
angewendet werden, und als diese Gegenstände selbst.
Sie ist also eine Theorie der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Methoden,
und eine Theorie der Methoden, wenn sie auf gewisse
Gegenstände angewendet werden, und als diese Gegen-
stände selbst. Sie ist also eine Theorie der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Theorien der Theorien der Theorien der
Theorien der Methoden, und eine Theorie der Methoden,
wenn sie auf gewisse Gegenstände angewendet werden,
und als diese Gegenstände selbst. Sie ist also eine Theorie
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Theorien der Theorien
der Theorien der Theorien der Methoden, und eine
Theorie der Methoden, wenn sie auf gewisse Gegen-
stände angewendet werden, und als diese Gegenstände
selbst. Sie ist also eine Theorie der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Theorien der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Theorien der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Theorien der Theorien der Theo-
rien der Theorien der Theorien der Methoden, und eine
Theorie der Methoden, wenn sie auf gewisse Gegenstände
angewendet werden, und als diese Gegenstände selbst.
Sie ist also eine Theorie der Theorien

sehr richtig aufgefafst; auch haben Burr und hauptsächlich Pouillet den wichtigen Umstand der aufgehobenen Adhäsion und Letzterer den Einflufs der Diathermanie sehr sachgemäfs hervorgehoben, wobei ich noch den Umstand erwähnen will, dafs bei jedem Einbringen eines neuen Tropfens ein kurz vorübergehendes Zischen gehört wird, wahrscheinlich in Folge der durch die mechanische Gewalt verstärkten momentanen Bewegung, wie man das Zischen auf gleiche Weise bemerkt, wenn man mit einem nassen Finger über das erhitzte Metall fährt, ein neuer Beweis gegen die Zulässigkeit der von Leslie angenommenen übergrofsen Repulsion. Ist dann einmal die Adhäsion zwischen der Metallfläche und der Flüssigkeit aufgehoben, so fällt damit der eigentliche Wärmeübergang letzterer in letztere von selbst weg, es findet blofs Strahlung statt und es tritt eine der oben (§. 231) erwähnten sphäroidischen Erscheinung ein, wonach die blanke Seite eines nach Leslie's Angabe construirten Würfels dem in einigem Abstande befindlichen Finger nur unmerklich wenig Wärme zustrahlt, bei unmittelbarer Berührung aber sehr heifs zu seyn scheint. Unter diesen sämmtlichen vereint wirkenden Bedingungen kann die in den Tropfen übergehende Wärme, der vorhandenen Glühhitze ungeachtet, nicht bedeutend grofs seyn. Erstens strahlt die Fläche, insbesondere wenn sie blank ist, nur wenig Wärme aus, da sie in Berührung mit sehr verdünnter, mit der vom auffallenden Tropfen gebildetem Dampfe vermengter Luft ist, die nicht durch neu hinzutretende ersetzt werden und daher die Strahlung nicht vermehren kann, sofern die Fläche der Platte und die Gröfse des Gefäfses die aufwärts steigende und seitwärts zuströmende Luft abhält. Zweitens hindert die blanke Oberfläche des Tropfens die Aufnahme der strahlenden Wärme, die wenige aufgenommene wird aber zur Bildung von Dampf verwandt, und da die hierfür erforderliche Menge sehr grofs ist, so steigt die Hitze des Tropfens nicht bedeutend. Drittens ist das Wasser nach Melloni ein athermaner Körper, nicht alle aufgenommene Wärme geht in der Flüssigkeit, sondern ein grofser Theil geht hindurch, und zwar ein desto gröfserer, je mehr die anfängliche dunkle Wärme zur sogenannten leuchtenden wird. Alle diese vereinten Bedingungen genügen sicher zur vollständigen Erklärung der Phänomene, ohne zu anderweitigen künstlichen, mit

Digitized by Google

bekannten Naturgesetzen im Widerspruch stehenden Hypoth seine Zuflucht zu nehmen.

276) Die *Unverbrennlichkeit des menschlichen Kö ist*, wie mich die Vergleichung der darüber vorhandenen N richten mit eigenen Erfahrungen gelehrt hat, eine Erschein die zuweilen einige Aufmerksamkeit erregt und dann wied Vergessenheit geräth, ohne durch hinlänglich umfassende genügend gründliche Untersuchungen zur definitiven Ents dung gebracht zu werden. Ist einmal die Rede davon kann man nicht umhin, sich der *Ordalien* zu erinnern, von sich eine der ältesten Spuren beim SOPHOKLES[1] findet sich der Bote zur Feuerprobe erbietet, um die Wahrheit s Aussage darzuthun. Ueber ihre Anwendung im Mittelalter führlich zu handeln ist hier der Ort nicht; auch kenne ich Geschichtliche der Sache zu wenig, als dafs ich mir anm dürfte, über die Einzelnheiten ein genügendes Urtheil zu len, namentlich über die dabei statt gefundene Verfahr weise, um darüber zu entscheiden, ob wirklich in eini Fällen Menschen auf glühendes Eisen traten, ohne sich t lich zu verletzen. So viel scheint mir jedoch sicher, da Verurtheilten vorher durch eigens beauftragte Geistliche bereitet wurden, bis die Probe mit gewissen Feierlichk und in Anwesenheit mehrerer Personen erfolgte, worauf die der Feuerprobe ausgesetzten Glieder eingewickelt und nächst untersucht wurden, um die Beschädigung oder die verletztheit derselben auszumitteln. Beachtenswerth schei dabei zu seyn, dafs man nur glühendes Eisen anwandte, aber die Procedur in Anwesenheit vieler Personen, wo sich auch Laienbrüder befanden, vor sich ging, weswege Ganze nicht füglich als ein zum Schein angestelltes betr ches Theaterspiel zu betrachten scheint, wenn gleich eine senschaftlich begründete Beurtheilung der Sache selbst aus gel an hinlänglich genauer und völlig zuversichtlicher Beso bung des Thatbestandes stets unmöglich bleiben wird. A Ordalien längst abgekommen waren, liefsen sich von Ze Zeit Künstler sehen, welche heifse Körper, namentlich hendes Eisen, berührten, ohne ihre Haut wesentlich zu letzen, wobei sie meistens mährchenhafte Erzählungen übe

---

1 Antigone v. 365.

Digitized by Google

Hirschberg, Schlesien, Kreisstadt, Sitz des Landrats, Amtsgerichts, Hauptzollamts, Rentamts, Forstinspektion, Bezirkskommando, Kreisbauinspektion, Kreisarztes, Kreisschulinspektion, Kreisausschusses, Kreisbauamts

ziehen Schüler unter Aufsicht. In dem Schüler wird Mitleid mit dem Leiden des Tieres erregt. Dann wird der Hund gezeigt in seinem Leiden, in seinem Tode, in seiner Ruhe, als in sein Vaterhaus. Auch hier wird Mitleid erregt. Dann wird der Hund gezeigt in seinem Leben

Schadenfreude gerichtet haben (Z). Worauf Gellert so gut wie Lessing und Wieland hinweist, wenn er in den Anmerkungen zu Nr. 82 sagt: „Ich verstehe, daß sie in Rom sind, will sie aber doch nicht um Rom willen gelesen haben.“ Und Lessing, wenn er in seinen

sich auf die Gasse Theile des rothen Haut-Balgs, welche sich nach und nach in Fetzen ablösen. Die Haut der Fußsohlen wird dicker und schwielig.

Von und Tonen. Die Nägel werden dicker, rauh, und brechen leicht. Die Haare fallen aus, und es wachsen neue, welche aber nicht so stark sind, als die ersten. Die Haare fallen auch aus den Augenbraunen, Augenwimpern, Bart, Achsel- und Schamhaaren. Einige Tage, ehe sich die Haut ablöst, wird sie feuchter, und es bricht ein Schweiß aus, welcher einen eigenen, sehr unangenehmen Geruch verbreitet. Dieser Schweiß ist gewöhnlich mit Frieseln begleitet. Die Haut löst sich in Fetzen ab. In der Regel dauert die Abschuppung 30 bis 40 Tage, und ist mit einem Fieber verbunden, welches mit dem Ausbruche des Ausschlages nachläßt, und mit der Abschuppung wieder zunimmt. Die Abschuppung ist gewöhnlich mit Frieseln begleitet. Die Haut löst sich in Fetzen ab. In der Regel dauert die Abschuppung 30 bis 40 Tage, und ist mit einem Fieber verbunden, welches mit dem Ausbruche des Ausschlages nachläßt, und mit der Abschuppung wieder zunimmt. Die Abschuppung ist gewöhnlich mit Frieseln begleitet. Die Haut löst sich in Fetzen ab. In der Regel dauert die Abschuppung 30 bis 40 Tage, und ist mit einem Fieber verbunden, welches mit dem Ausbruche des Ausschlages nachläßt, und mit der Abschuppung wieder zunimmt. Die Abschuppung ist gewöhnlich mit Frieseln begleitet.

Gebet, Weihrauch, milde Gaben, und ist die Zahl der Bettler, Krüppel, Aussätzigen, Blinden, Lahmen, Tauben, Stummen, die sich in den Vorhallen der Moscheen, in den Straßen, an den Thoren der Städte, an den Ufern des Bosporus, an den Ufern des Goldenen Horns, an den Ufern des Barbyses, an den Ufern des Sangarius, an den Ufern des Halys, an den Ufern des Euphrat, an den Ufern des Tigris, an den Ufern des Nil, an den Ufern des Jordan, an den Ufern des Arabischen Meerbusens, an den Ufern des Persischen Meerbusens, an den Ufern des Kaspischen Meeres, an den Ufern des Aralsees, an den Ufern des Oxus, an den Ufern des Indus, an den Ufern des Ganges, an den Ufern des Brahmaputra, an den Ufern des Irawadi, an den Ufern des Menam, an den Ufern des Mekong, an den Ufern des Hoangho, an den Ufern des Jangtsekiang, an den Ufern des Amur, an den Ufern des Lena, an den Ufern des Jenisei, an den Ufern des Ob, an den Ufern des Petschora, an den Ufern der Wolga, an den Ufern des Don, an den Ufern des Dnjepr, an den Ufern des Dnjestr, an den Ufern des Pruth, an den Ufern der Donau, an den Ufern der Save, an den Ufern der Drina, an den Ufern der Narenta, an den Ufern der Bojana, an den Ufern der Maritza, an den Ufern der Struma, an den Ufern des Vardar, an den Ufern des Aliakmon, an den Ufern des Peneios, an den Ufern des Spercheios, an den Ufern des Asopos, an den Ufern des Kephissos, an den Ufern des Eurotas, an den Ufern des Alpheios, an den Ufern des Tiber, an den Ufern des Arno, an den Ufern der Etsch, an den Ufern der Rhone, an den Ufern der Saone, an den Ufern der Seine, an den Ufern der Loire, an den Ufern der Garonne, an den Ufern des Douro, an den Ufern des Tajo, an den Ufern des Guadiana, an den Ufern des Guadalquivir, an den Ufern des Guadalete, an den Ufern des Rio Grande, an den Ufern des Rio Gila, an den Ufern des Colorado, an den Ufern des Rio Bravo del Norte, an den Ufern des Mississippi, an den Ufern des Missouri, an den Ufern des Ohio, an den Ufern des Tennessee, an den Ufern des Hudson, an den Ufern des Connecticut, an den Ufern des Delaware, an den Ufern des Potomac, an den Ufern des Rappahannock, an den Ufern des James River, an den Ufern des Roanoke, an den Ufern des Pedee, an den Ufern des Santee, an den Ufern des Savannah, an den Ufern des Altamaha, an den Ufern des Suwanee, an den Ufern des Apalachicola, an den Ufern des Alabama, an den Ufern des Tombigbee, an den Ufern des Red River, an den Ufern des Arkansas, an den Ufern des Rio Colorado, an den Ufern des Rio Grande, an den Ufern des Rio Sacramento, an den Ufern des Rio San Joaquin, an den Ufern des Columbia, an den Ufern des Fraser, an den Ufern des Mackenzie, an den Ufern des Saskatchewan, an den Ufern des Winnipeg, an den Ufern des Nelson, an den Ufern des Churchill, an den Ufern des Severn, an den Ufern des Albany, an den Ufern des Moose, an den Ufern des Ottawa, an den Ufern des Lorenz

hinfahren. Dieses, was ich oft gesehn habe, scheint mir de sprechendste Beweis dafür zu seyn, dafs Roger seine Ha präparirt haben mufste, denn das genannte Hinüberfahren ge schieht sehr schnell und es verbrennt dabei allezeit der har und dicke Callus, welchen solche Arbeiter in ihren Händ haben, der sich aber bei unserm Künstler nicht fand. Gren erwähnt, dafs auch von andern Personen geringere Quantitäte siedend heifser Flüssigkeiten ohne Nachtheil verschluckt wer den, und so möge dieses auch bei Roger der Fall gewes seyn, welcher das heifse Oel gleichfalls hinten auf die Zun brachte, eine hierbei nothwendige Bedingung, wenn man sich de Gaumen nicht verbrennen will. Man dürfte hierbei bemerke dafs das Oel bei seiner geringeren Wärmecapacität, und sofe es die berührten Theile beim Hinabgleiten nur mit einer dün nen Lage überzieht, noch minder gefährlich sey, als die Brü hen, welche die Köche und Köchinnen beim Versuchen d Speisen zuweilen gleichfalls in geringer Quantität hinunte schlucken[1].

278) Meistens nimmt man, und wie mir scheint aus tri tigen Gründen, an, dafs Roger seine Haut vorher präpar habe. Zwei Momente bieten sich hierbei von selbst dar u gehen auch übereinstimmend aus den Beobachtungen herv Zuerst werden die auffallendsten Versuche mit Eisen gema und dieses Metall mufs daher die Wärme am wenigsten lei abgeben. Dieses wird hauptsächlich klar, wenn man gese hat, mit welcher Vorsicht und Behutsamkeit das geschmolze oder auch schon erstarrte Zinnblei nur momentan berührt, eigentlich nur dagegen gestofsen wurde und mit welcher Dr stigkeit Roger sowohl, als auch die erwähnte Frau, hell gl hendes Eisen behandelten. Man könnte annehmen, dafs d Eisen vorzugsweise die Wärme schwer abgebe, womit Boxt mann's oben (§. 260) erwähnte Versuche übereinstimmen, de hiernach ist das Strahlungsvermögen des Eisens unter all Metallen am kleinsten, nämlich 0,325, das des Zinnblei dage

1 Davenport in Ann. of Philos. T. IX. p. 111, vergl. Bull de la Soc. Philom, 1817, giebt an, man könne ohne Gefahr ein Finger in siedendheifses Theer von 102° C. Wärme tauchen, mit nem Handschuh werde man sich aber verbrennen. Letzteren Versu stellte er aus Rücksichten auf seine noch neuen Handschuhe nicht a

Hafen und die Anlagen zu gehen, und wenn Sie es wünschen, können Sie auch einen Ausflug nach Cuxhaven machen. Dort ist die Verbindung mit der See, und Sie können sich ein Bad in der Nordsee nehmen. Sie können auch Boote, Segel- und Dampfschiffe, die sich dort befinden, besichtigen. Ich bin sicher, daß Sie sich dort gut unterhalten werden. Ich werde Ihnen einen Brief an meinen Freund, Herrn Schmidt, mitgeben, der Ihnen alles zeigen wird, was Sie wünschen. Sie werden ihn sehr nützlich finden, denn er kennt Hamburg und seine Umgebung sehr gut. Ich werde ihn bitten, Ihnen einen Wagen zu besorgen, damit Sie sich die Stadt ansehen können. Sie können auch eine Fahrt auf der Alster machen, dem kleinen See, der mitten in der Stadt liegt. Sie können auch Ausflüge nach Blankenese, Altona, Harburg und Bergedorf machen. Ich bin sicher, daß Sie sich in Hamburg gut unterhalten werden. Ich werde Ihnen einen Brief an meinen Freund, Herrn Schmidt, mitgeben, der Ihnen alles zeigen wird, was Sie wünschen. Sie werden ihn sehr nützlich finden, denn er kennt Hamburg und seine Umgebung sehr gut. Ich werde ihn bitten, Ihnen einen Wagen zu besorgen, damit Sie sich die Stadt ansehen können. Sie können auch eine Fahrt auf der Alster machen, dem kleinen See, der mitten in der Stadt liegt. Sie können auch Ausflüge nach Blankenese, Altona, Harburg und Bergedorf machen. Ich bin sicher, daß Sie sich in Hamburg gut unterhalten werden.

Ich werde Ihnen einen Brief an meinen Freund, Herrn Schmidt, mitgeben, der Ihnen alles zeigen wird, was Sie wünschen. Sie werden ihn sehr nützlich finden, denn er kennt Hamburg und seine Umgebung sehr gut. Ich werde ihn bitten, Ihnen einen Wagen zu besorgen, damit Sie sich die Stadt ansehen können. Sie können auch eine Fahrt auf der Alster machen, dem kleinen See, der mitten in der Stadt liegt. Sie können auch Ausflüge nach Blankenese, Altona, Harburg und Bergedorf machen. Ich bin sicher, daß Sie sich in Hamburg gut unterhalten werden. Ich werde Ihnen einen Brief an meinen Freund, Herrn Schmidt, mitgeben, der Ihnen alles zeigen wird, was Sie wünschen. Sie werden ihn sehr nützlich finden, denn er kennt Hamburg und seine Umgebung sehr gut. Ich werde ihn bitten, Ihnen einen Wagen zu besorgen, damit Sie sich die Stadt ansehen können. Sie können auch eine Fahrt auf der Alster machen, dem kleinen See, der mitten in der Stadt liegt. Sie können auch Ausflüge nach Blankenese, Altona, Harburg und Bergedorf machen. Ich bin sicher, daß Sie sich in Hamburg gut unterhalten werden.

Abendlage, 45) Ferner ist eine farrige Stein-kohle von Kutschlin, 46) eine Schwarzkohle von Kladno, 47) eine Schwarzkohle von Radnitz, 48) eine Schwarzkohle von Rakonitz, 49) eine Schwarzkohle von Schlan, 50) eine Schwarzkohle von Kralup, 51) eine Schwarzkohle von Laun, 52) eine Schwarzkohle von Brandeis an der Elbe, 53) eine Schwarzkohle von Neu-Bydschow, 54) eine Schwarzkohle von Kolin, 55) eine Schwarzkohle von Kuttenberg, 56) eine Schwarzkohle von Pardubitz, 57) eine Schwarzkohle von Chrudim, 58) eine Schwarzkohle von Leitomischl, 59) eine Schwarzkohle von Trübau, 60) eine Schwarzkohle von Mährisch-Trübau, 61) eine Schwarzkohle von Zwittau, 62) eine Schwarzkohle von Brünn, 63) eine Schwarzkohle von Rossitz, 64) eine Schwarzkohle von Oslawan, 65) eine Schwarzkohle von Ostrau, 66) eine Schwarzkohle von Karwin, 67) eine Schwarzkohle von Teschen, 68) eine Schwarzkohle von Jaworzno, 69) eine Schwarzkohle von Krakau, 70) eine Schwarzkohle von Trzebinia, 71) eine Schwarzkohle von Brzeszcze, 72) eine Schwarzkohle von Wieliczka, 73) eine Schwarzkohle von Dembica, 74) eine Schwarzkohle von Jaslo, 75) eine Schwarzkohle von Sanok, 76) eine Schwarzkohle von Grybow, 77) eine Schwarzkohle von Gorlice, 78) eine Schwarzkohle von Tarnow, 79) eine Schwarzkohle von Dzikowiec, 80) eine Schwarzkohle von Rzeszow, 81) eine Schwarzkohle von Przemysl, 82) eine Schwarzkohle von Lemberg, 83) eine Schwarzkohle von Stanislau, 84) eine Schwarzkohle von Kalusz, 85) eine Schwarzkohle von Dolina, 86) eine Schwarzkohle von Stryj, 87) eine Schwarzkohle von Sambor, 88) eine Schwarzkohle von Drohobycz, 89) eine Schwarzkohle von Boryslaw, 90) eine Schwarzkohle von Tustanowice, 91) eine Schwarzkohle von Kolomea, 92) eine Schwarzkohle von Zabie, 93) eine Schwarzkohle von Delatyn, 94) eine Schwarzkohle von Kuty, 95) eine Schwarzkohle von Zaleszczyki, 96) eine Schwarzkohle von Czortkow, 97) eine Schwarzkohle von Buczacz, 98) eine Schwarzkohle von Tarnopol, 99) eine Schwarzkohle von Brody, 100) eine Schwarzkohle von Podwoloczyska, 101) eine Schwarzkohle von Zloczow, 102) eine Schwarzkohle von Brzezany, 103) eine Schwarzkohle von Zydaczow, 104) eine Schwarzkohle von Sokal, 105) eine Schwarzkohle von Rawa-Ruska, 106) eine Schwarzkohle von Grodek, 107) eine Schwarzkohle von Jaworow, 108) eine Schwarzkohle von Mosty, 109) eine Schwarzkohle von Przemysl, 110) eine Schwarzkohle von Jaroslau, 111) eine Schwarzkohle von Mielec, 112) eine Schwarzkohle von Tarnobrzeg, 113) eine Schwarzkohle von Sandomir, 114) eine Schwarzkohle von Opatow, 115) eine Schwarzkohle von Ostrowiec, 116) eine Schwarzkohle von Kielce, 117) eine Schwarzkohle von Checiny, 118) eine Schwarzkohle von Radom, 119) eine Schwarzkohle von Skarzysko, 120) eine Schwarzkohle von Pionki, 121) eine Schwarzkohle von Zwolen, 122) eine Schwarzkohle von Opoczno, 123) eine Schwarzkohle von Tomaszow, 124) eine Schwarzkohle von Piotrkow, 125) eine Schwarzkohle von Petrikau, 126) eine Schwarzkohle von Radomsko, 127) eine Schwarzkohle von Wielun, 128) eine Schwarzkohle von Sieradz, 129) eine Schwarzkohle von Zdunska-Wola, 130) eine Schwarzkohle von Lask, 131) eine Schwarzkohle von Pabianice, 132) eine Schwarzkohle von Lodz, 133) eine Schwarzkohle von Zgierz, 134) eine Schwarzkohle von Leczyca, 135) eine Schwarzkohle von Kutno, 136) eine Schwarzkohle von Lowicz, 137) eine Schwarzkohle von Skierniewice, 138) eine Schwarzkohle von Rawa, 139) eine Schwarzkohle von Sochaczew, 140) eine Schwarzkohle von Blonie, 141) eine Schwarzkohle von Grodzisk, 142) eine Schwarzkohle von Mszczonow, 143) eine Schwarzkohle von Grojec, 144) eine Schwarzkohle von Warschau, 145) eine Schwarzkohle von Pruszkow, 146) eine Schwarzkohle von Nowy-Dwor, 147) eine Schwarzkohle von Modlin, 148) eine Schwarzkohle von Plock, 149) eine Schwarzkohle von Sierpc, 150) eine Schwarzkohle von Mlawa, 151) eine Schwarzkohle von Ciechanow, 152) eine Schwarzkohle von Przasnysz, 153) eine Schwarzkohle von Ostrolenka, 154) eine Schwarzkohle von Lomza, 155) eine Schwarzkohle von Augustowo, 156) eine Schwarzkohle von Suwalki, 157) eine Schwarzkohle von Kalwarya, 158) eine Schwarzkohle von Marijampol, 159) eine Schwarzkohle von Wilkowiszki, 160) eine Schwarzkohle von Kowno, 161) eine Schwarzkohle von Wilna, 162) eine Schwarzkohle von Oszmiana, 163) eine Schwarzkohle von Lida, 164) eine Schwarzkohle von Nowogrodek, 165) eine Schwarzkohle von Slonim, 166) eine Schwarzkohle von Bielsk, 167) eine Schwarzkohle von Grodno, 168) eine Schwarzkohle von Wolkowysk, 169) eine Schwarzkohle von Bialystok, 170) eine Schwarzkohle von Sokolka, 171) eine Schwarzkohle von Kamieniec-Litewski, 172) eine Schwarzkohle von Brest-Litowsk, 173) eine Schwarzkohle von Kobryn, 174) eine Schwarzkohle von Pinsk, 175) eine Schwarzkohle von Mozyr, 176) eine Schwarzkohle von Rzeczyca, 177) eine Schwarzkohle von Homel, 178) eine Schwarzkohle von Gomel, 179) eine Schwarzkohle von Rogatschew, 180) eine Schwarzkohle von Bobruisk, 181) eine Schwarzkohle von Mohilew, 182) eine Schwarzkohle von Orsza, 183) eine Schwarzkohle von Witebsk, 184) eine Schwarzkohle von Polotzk, 185) eine Schwarzkohle von Dünaburg, 186) eine Schwarzkohle von Rositten, 187) eine Schwarzkohle von Libau, 188) eine Schwarzkohle von Mitau, 189) eine Schwarzkohle von Riga, 190) eine Schwarzkohle von Pernau, 191) eine Schwarzkohle von Fellin, 192) eine Schwarzkohle von Dorpat, 193) eine Schwarzkohle von Werro, 194) eine Schwarzkohle von Pleskau, 195) eine Schwarzkohle von Narwa, 196) eine Schwarzkohle von Wesenberg, 197) eine Schwarzkohle von Reval, 198) eine Schwarzkohle von Arensburg, 199) eine Schwarzkohle von Hapsal, 200) eine Schwarzkohle von Baltischport, 201) eine Schwarzkohle von Helsingfors, 202) eine Schwarzkohle von Abo, 203) eine Schwarzkohle von Wasa, 204) eine Schwarzkohle von Uleaborg, 205) eine Schwarzkohle von Kajana, 206) eine Schwarzkohle von Kuopio, 207) eine Schwarzkohle von Nyslott, 208) eine Schwarzkohle von Kexholm, 209) eine Schwarzkohle von Wiborg, 210) eine Schwarzkohle von Tornea, 211) eine Schwarzkohle von Kemi, 212) eine Schwarzkohle von Kola, 213) eine Schwarzkohle von Archangel, 214) eine Schwarzkohle von Onega, 215) eine Schwarzkohle von Petrosawodsk, 216) eine Schwarzkohle von Kargopol, 217) eine Schwarzkohle von Wytegra, 218) eine Schwarzkohle von Tichwin, 219) eine Schwarzkohle von Nowaja-Ladoga, 220) eine Schwarzkohle von Petersburg, 221) eine Schwarzkohle von Schlüsselburg, 222) eine Schwarzkohle von Gdow, 223) eine Schwarzkohle von Jamburg, 224) eine Schwarzkohle von Gdow, 225) eine Schwarzkohle von Jamburg, 226) eine Schwarzkohle von Gdow, 227) eine Schwarzkohle von Jamburg, 228) eine Schwarzkohle von Gdow, 229) eine Schwarzkohle von Jamburg,

Ufer des Rhein dem ungeduldig wachen, nördlich fällt dann der Blick auf die Ebene, die sich bis zu den Vogesen hinzieht, südöstlich auf Freiburg, das Münster, die Höhen des Thales, auf den Feldberg, südlich auf den Rhein, der sich in seinem Laufe durch die Ebene verliert, und auf die Berge der Schweiz, die sich in der Ferne erheben. Die Stadt selbst ist gut gebaut, hat breite, reinliche Straßen, viele Denkmäler und Brunnen, darunter eine schöne Fontaine, die vor einem Hause, dem Gasthofe zum Adler, steht. Das Münster, ein gothisches Gebäude, ist sehr schön, besonders der Thurm, der 380 Fuß hoch ist, und von dem man eine herrliche Aussicht hat. Das Innere des Münsters ist nicht so schön, als das Aeußere, es hat aber einige gute Gemälde, und in der Krypta unter dem Chore befindet sich eine Gruft, in welcher mehrere Mitglieder des Hauses Zähringen, darunter der Stifter Freiburgs, Herzog Berthold, ruhen. Die Universität, welche hier ist, hat ein schönes Gebäude, eine gute Bibliothek, ein Museum, einen botanischen Garten, ein Observatorium, ein Laboratorium, ein Theater, und ist mit allen Lehrmitteln reichlich versehen. Sie hat 4 Facultäten, 30 Professoren und 300 Studenten. Die Bibliothek enthält 100,000 Bände, darunter viele seltene Werke. Das Museum besitzt eine schöne Sammlung von Mineralien, Petrefacten, Thieren, Vögeln, Insecten, Conchylien, Pflanzen, Modellen, Kupferstichen, Gemälden, Münzen, Alterthümern, Waffen, Kleidungen, Geräthschaften, Instrumenten, Maschin

habe ich selbst sehr bewährt gefunden, indem sie nicht blos die Haut zu einem schlechten Leiter macht, sondern ihr auch die Geneigtheit zur Inflammation benimmt. Hat man die Hand anhaltend wiederholt mit dieser Flüssigkeit gewaschen, so kann man dreist mit einem stark rothglühenden Eisen darüber hinfahren, denn theils wird sie nicht leicht zerstört und selbst die Stellen, welche bräunlich geworden, gleichsam verkohlt sind, lassen sich nachher mit den Nägeln abkratzen, ohne dafs eine Blase entsteht. Höchst wahrscheinlich war daher die zum Waschen angewandte Flüssigkeit eine solche oder eine dieser ähnliche Mischung.

280) Das von Arthur Trevelyan zufällig erfundene tönende Instrument, *Wackler* (*Rocker*), *Wieger* (nach Seebeck), auch *Thermophon* genannt, ist einer der interessantesten physikalischen Apparate. Die Erfindung fällt in den Februar 1829; im Sommer 1831 wurde es in Edinburg und London bekannt, zu derselben Zeit erhielt ich durch die Güte des Professors Galbraith in Edinburg ein Exemplar vom Erfinder selbst zugesandt und machte im Februar 1832 eine kurze Notiz darüber bekannt[1], um dieselbe Zeit aber äufserte sich Faraday[2], dem die Sache bekannt geworden war und welcher die Versuche wiederholte, ausführlicher darüber. Das Instrument, welches ich von Trevelyan selbst erhalten habe, unterscheidet sich hinsichtlich seiner Gestalt von den nachher bekannt gewordenen durch den Mangel des Knopfes am Stiele; auch ist dasselbe am obern Ende schräg abgeschnitten und wird an der Stelle, wo der schräge Schnitt beginnt, auf den Rand eines hohlen Bleicylinders von 2,5 bis 3 Z. Höhe und fast 2 Zoll Durchmesser so gelegt, dafs das Ende des Stiels auf dem Brete ruht, welches den Bleicylinder trägt. Die später bekannt gewordenen Exemplare haben im Wesentlichen folgende Gestalt. Auf einem Tische ruht ein massives bleiernes Parallelepipedon B mit der obern stark gewölbten Fläche, gegen 4 Z. lang, 2 bis 2,5 Z. breit und bis an die Wölbung ebenso hoch, doch kann die Höhe auch etwas beträchtlicher seyn, wenn man beabsichtigt, eine Weingeistlampe darunter zu setzen.

Fig. 50.

---

1 Poggendorff's Ann. XXIV. 466.

2 Edinburgh Journ. of Sc. N. S. N. XI. p. 141. Poggendorff's Ann. a. a. O. S. 468. Journ. of the Roy. Inst. N. IV. p. 119.

Digitized by Google

Schlacht bei Lützen. Nachdem Gustav von Adolf 6. Nov. 1632 in der Schlacht bei Lützen gefallen war, übernahm Herzog Bernhard von Weimar den Oberbefehl über das schwedische Heer. Er war ein tapferer, umsichtiger, treuer und tüchtiger Heerführer. Er hatte sich bereits in der Schlacht bei Lützen ausgezeichnet. Nach Gustav Adolfs Tode wurde er von dem Kanzler Oxenstierna zum Oberbefehlshaber des ganzen Heeres ernannt. Bei diesem Heere befand sich auch Wallenstein, der nach seiner Absetzung in Böhmen geweilt hatte. Er hatte sich dort ein neues Heer geworben und stand nun mit diesem in Sachsen. Wallenstein wollte sich mit dem schwedischen Heere vereinigen, um Sachsen dem Kaiser zu entreißen. Aber auch Bernhard wollte Sachsen für sich gewinnen. Er wollte es dem Kaiser nehmen, um es sich zu erhalten. Wallenstein wollte es dem Kaiser nehmen, um es ihm zu erhalten. Bernhard wollte es für sich behalten, um es dem Kaiser zu entreißen

Zeit Sonderer. XI Bl. 2 Lit. Tafeln und 3 Lit.-Tfln. Leipzig, Verlag der Literarischen Anstalt (Rütten & Loening). 1894. gr. 8°. (VIII, 212 S.) M. 5.

Inhalt: I. Die Lehre von der Entstehung der Arten. — II. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — III. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — IV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — V. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — VI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — VII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — VIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — IX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — X. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XXX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XXXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XXXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XXXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XXXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XXXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XXXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XXXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XXXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XXXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XL. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XLI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XLII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XLIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XLIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XLV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XLVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XLVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XLVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XLIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — L. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXXX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXXXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXXXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXXXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXXXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXXXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXXXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXXXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXXXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — LXXXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XC. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XCI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XCII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XCIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XCIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XCV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XCVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XCVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XCVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — XCIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — C. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXXX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXXXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXXXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXXXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXXXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXXXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXXXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXXXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXXXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXXXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXL. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXLI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXLII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXLIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXLIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXLV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXLVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXLVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXLVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXLIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CL. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXXX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXXXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXXXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXXXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXXXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXXXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXXXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXXXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXXXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CLXXXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXC. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXCI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXCII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXCIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXCIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXCV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXCVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXCVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXCVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CXCIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CC. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXXX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXXXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXXXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXXXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXXXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXXXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXXXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXXXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXXXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXXXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXL. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXLI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXLII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXLIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXLIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXLV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXLVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXLVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXLVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXLIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCL. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXXX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXXXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXXXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXXXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXXXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXXXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXXXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXXXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXXXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCLXXXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXC. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXCI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXCII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXCIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXCIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXCV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXCVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXCVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXCVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCXCIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCC. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXXX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXXXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXXXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXXXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXXXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXXXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXXXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXXXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXXXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXXXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXL. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXLI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXLII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXLIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXLIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXLV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXLVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXLVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXLVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXLIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCL. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXXX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXXXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXXXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXXXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXXXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXXXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXXXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXXXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXXXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCLXXXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXC. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXCI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXCII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXCIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXCIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXCV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXCVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXCVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXCVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CCCXCIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CD. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXXX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXXXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXXXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXXXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXXXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXXXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXXXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXXXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXXXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXXXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXL. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXLI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXLII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXLIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXLIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXLV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXLVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXLVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXLVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDXLIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDL. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLXIX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLXX. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLXXI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLXXII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLXXIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLXXIV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLXXV. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLXXVI. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLXXVII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLXXVIII. Die Lehre von der Entstehung der Arten und ihre Gegner. — CDLXXIX. Die Lehre

Als Beispiel, wie Haeckel war entstehen, die Ursache, die Entwickelung, die Gesetze, Stufen und Ziele der Entwickelung, die Abstammung des Menschen, die Art seiner Anlage, die Function der Organe, dann die Beziehungen der Organe zu einander, die Vererbung, die Anpassung, die Zweckmässigkeit, die Gesetze der Anpassung, die Zweckmässigkeit, die Gesetze der Anpassung, die Zweckmässigkeit, die Gesetze der

chen Metallen statt finden und sich bei den am besten Wär leitenden am auffallendsten zeigen, wie auch nicht minder d Unterschiede der Temperaturen beider direct proportional se wovon gerade das Gegentheil statt findet.

283) Eine zweite Erklärung hat verschiedene Anhän gefunden und ist vorzugsweise durch Brandes[1] in Schutz geno men worden. Wenn Metalle erwärmt werden oder nach erh tener Hitze erkalten, so vertheilt sich die Wärme in ihr wegen ungleicher Beschaffenheit ihrer Theile nicht vollkomm gleichmäfsig, und dieses bewirkt das allgemein bekannte Kn cken, was man namentlich so oft an Ofenthüren, Ofenröhr eisernen Ofentrommeln u. s. w. wahrnimmt. Aehnliche E scheinungen kommen in Menge vor, ja es gehört dahin a das oft wahrgenommene Ertönen erkaltender Metallmassen, namentlich Gilbert[2] bei Gelegenheit eines auffallenden B spiels beim Silber erörtert hat. Kehren diese einzeln als Knacken erscheinenden Geräusche in hinlänglicher Menge in gleichen Zeitintervallen wieder, so mufs hieraus ein T entstehn, wie zuerst Laplace bemerkt zu haben scheint. Di Hypothese hat allerdings grofsen Schein für sich, allein di Contractionen finden blofs im Innern der Körper statt und kön ihrer Natur nach nicht füglich so zahlreich und gleichmä erfolgen, als zur Erzeugung eines so regelmäfsigen Tones forderlich wäre; auf jeden Fall aber wäre es unmöglich, hi aus die sichtbaren Oscillationen der vibrirenden Massen ab leiten.

284) James Forbes[3] war der Erste, welcher nach d Erfinder das Phänomen nebst seinen verschiedenen Modifi tionen ausführlich untersuchte; es wird aber genügen, nur Hauptsachen der von ihm erhaltenen Resultate mitzutheil Zuerst widerlegt er auf directe Weise die ohnehin nicht pl sibele Hypothese Trevelyan's, dafs der Ton durch einen der Furche des Wacklers sich bewegenden Luftstrom entste und tritt der Ansicht Faraday's bei, welcher den Ton den Stöfsen des Apparates auf die Unterlage ableitet, wesweg

---

1 Vorlesungen über die Naturlehre. Th. III. S. 29.

2 Dessen Annalen. Th. XXII. S. 323.

3 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XIX. p. 15. N. XXI. p. 1 Edinb. New Phil. Journ. XXXI. 183.

Digitized by Google

Stadt in der ehem. Grafschaft, Kr. Hagen, Preuß. Westfalen, an der Ennepe, Knotenpunkt der Linien Hagen-Schwelm und Hagen-Barmen der Preuß. Staatsbahn, 8 km südlich von Hagen, 11 km nördlich von Barmen, 16 km westlich von Schwelm, 1871: 3 Kirchen, 1 Synagoge, 1 Rathaus, 1 Gymnasium, 1 Realschule, 1 Taubstummenanstalt, 1 Lehrerseminar, 1 Amtsgericht, 1 Handelskammer, 1 Bankgeschäft, 1 Sparkasse, 1 Gasanstalt, 1 Eisenbahnbetriebsamt, 1 Postamt, 1 Telegraphenamt, 1 Bahnhof, 1 Eisenbahnwerkstätte, 1 Eisenbahnwagenfabrik, 1 Fabrik für Eisenbahnbedarf, 1 Fabrik für Eisenbahnbedarf und Maschinen, 1 Fabrik für Maschinen, 1 Fabrik für Maschinen und Eisenbahnbedarf, 1 Fabrik für Maschinen und Werkzeuge, 1 Fabrik für Werkzeuge, 1 Fabrik für Werkzeuge und Eisenbahnbedarf, 1 Fabrik für Werkzeuge und Maschinen, 1 Fabrik für Werkzeuge und Waffen, 1 Fabrik für Waffen, 1 Fabrik für Waffen und Eisenbahnbedarf, 1 Fabrik für Waffen und Maschinen, 1 Fabrik für Waffen und Werkzeuge, 1 Fabrik für Waffen, Maschinen und Eisenbahnbedarf, 1 Fabrik für Waffen, Werkzeuge und Eisenbahnbedarf, 1 Fabrik für Waffen, Werkzeuge und Maschinen, 1 Fabrik für Waffen, Werkzeuge, Maschinen und Eisenbahnbedarf, 1 Fabrik für Waffen, Werkzeuge, Maschinen, Eisenbahnbedarf und Stahlwaren, 1 Fabrik für Waffen, Werkzeuge, Maschinen, Eisenbahnbedarf, Stahlwaren und Eisenwaren, 1 Fabrik für Waffen, Werkzeuge, Maschinen, Eisenbahnbedarf, Stahlwaren, Eisenwaren und Messingwaren, 1 Fabrik für Waffen, Werkzeuge, Maschinen, Eisenbahnbedarf, Stahlwaren, Eisenwaren, Messingwaren und Nähmaschinen, 1 Fabrik für Waffen, Werkzeuge, Maschinen, Eisenbahnbedarf, Stahlwaren, Eisenwaren, Messingwaren, Nähmaschinen und Fahrräder, 1 Fabrik für Waffen, Werkzeuge, Maschinen, Eisenbahnbedarf, Stahlwaren, Eisenwaren, Messingwaren, Nähmaschinen, Fahrräder und Schreibmaschinen, 1 Fabrik für Waffen, Werkzeuge, Maschinen, Eisenbahnbedarf, Stahlwaren, Eisenwaren, Messingwaren, Nähmaschinen, Fahrräder, Schreibmaschinen und Schreibmaschinenbestandteile, 1 Fabrik für Waffen, Werkzeuge, Maschinen, Eisenbahnbedarf, Stahlwaren, Eisenwaren, Messingwaren, Nähmaschinen, Fahrräder, Schreibmaschinenbestandteile und Schreibmaschinenbestandteile, 1 Fabrik für Waffen, Werkzeuge, Maschinen, Eisenbahnbedarf, Stahlwaren, Eisenwaren, Messingwaren, Nähmaschinen, Fahrräder, Schreibmaschinenbestandteile

Hilse, Kegler, Gall, Tod, Hampe, Hahn, Hesse, Schmidt, Kaufmann, Hoffmann, Schneider, Hoffmann, Kaufmann, Hesse, Hahn, Hampe, Tod, Gall, Kegler, Hilse und schließlich Hilse wieder nebenan. Wenn wir nun die Namen der Reihe nach lesen, so ergeben sich zwei gleiche Verbindungen: Hilse, Kegler, Gall, Tod, Hampe, Hahn, Hesse, Schmidt, Kaufmann, Hoffmann, Schneider, Hoffmann, Kaufmann, Hesse, Hahn, Hampe, Tod, Gall, Kegler, Hilse und Hilse, Kegler, Gall, Tod, Hampe, Hahn, Hesse, Kaufmann, Hoffmann, Schneider, Hoffmann, Kaufmann, Hesse, Hahn, Hampe, Tod, Gall, Kegler, Hilse. Beide Verbindungen sind also gleich, weil Anfang und Ende, auch Mitte [illegible]

leidern, so wird der Ton höher, was auch zuweilen gegen das Ende der Erscheinung von selbst eintritt und daraus zu erklären ist, dafs die Amplitüden der Schwingungen dann kürzer werden. Vermehrung der Adhäsion, zwischenliegender Staub, Amalgam, Oel, ein Ueberzug von Oxyd u. s. w. können die Oscillationen gänzlich hindern. Eine Temperaturerhöhung bei dem besser leitenden Metalle ist unerlafsliche Bedingung, allein die leicht sich darbietende Folgerung, dafs das leichtere Gelingen des Versuches und die Menge der Vibrationen dem Temperaturunterschiede proportional seyn sollten, findet man nicht bestätigt. Mit Kupfer auf Blei geräth der Versuch am leichtesten, und es genügt dabei schon ein Temperaturunterschied von 84° C. Eisen auf Blei wird träger, wenn die Hitze des Eisens weit über den Siedepunct des Wassers hinausgeht, ja die Vibrationen hören zuletzt ganz auf. Im Allgemeinen läfst sich hierüber kein Gesetz aufstellen und es scheinen in dieser Beziehung für die einzelnen Metalle verschiedene Verhältnisse obzuwalten.

285) Rücksichtlich der Erklärung dieser Phänomene zeigt Lenz zuerst die Unhaltbarkeit der durch Faraday angenommenen Hypothese aus dem Grunde, weil hiermit die Schnelligkeit der auf einander folgenden Oscillationen nicht weiter verändert sey, aufserdem aber die angenommene Wirkung sich selbst aufhebe, insofern das kalte Metall seine Ausdehnung nur durch Aufnahme der Wärme von dem heifsen erhält, welches durch ebenso viel verlieren und sich daher nahe um eine gleiche Gröfse zusammenziehn müfste. Nachdem er sich demnächst durch genaue Würdigung der Thatsachen genügend überzeugt hatte, dafs überall keine Thermoelektricität im Spiele sey, sah er sich genöthigt, das Phänomen blofs auf die Wirkung der Wärme zurückzubringen, wonach das Ganze auf folgenden Satz zurückkommt: *beim Uebergange der Wärme aus einem Körper in einen andern, welcher eine geringere wärmeleitende Kraft hat, findet Repulsion statt.* Diese Repulsion zeigt sich blofs bei Körpern, deren Wärmeleitungsvermögen so grofs ist, als dieses bei gewissen Metallen gefunden wird; die Repulsion wird in verschwindenden Zeitmomenten erregt, und ihre Stärke ist dem Unterschiede sowohl des Leitungsvermögens, als auch in gewissem Mafse der Temperatur beider Metalle proportional und mufs vorzugsweise

Digitized by Google

dann eintreten, wenn die Wärme aus einem bessern Leiter einen schlechteren übergeht.

Forbes weist dann nach, dafs auch andere Phänome existiren, die auf eine Repulsion der Wärme hindeuten, wo er sich vorzüglich auf die Versuche von Fresnel[1] u Saigey[2] bezieht. Allein abgerechnet, dafs der erste die Versuche offenbar eine andere Deutung erfordert[3], die letzte aber noch problematisch sind, würde eine blofse Repulsion, stetig wirkend, zur Erklärung hier nicht ausreichen. Die B rührung beider Metalle ist nicht innig, dennoch aber wird Wärme leichter von dem kälteren, wenn auch schlechter l tenden Metalle aufgenommen, als von der zwischenliegen Luft, eine Stagnation derselben zwischen beiden Metallen dadurch erzeugte Repulsion ist daher nach dieser Ansicht n wohl denkbar, wir müfsten vielmehr eine Anziehung be Metalle annehmen. Genauer scheint mir daher die Erklär auf folgenden Principien zu beruhn. Beide Metalle berüh einander genau und um so inniger wegen der statt finden Stöfse gegen einander. Im Momente der Berührung geht Wärme aus dem heifseren in das kältere über, sie hat verm stärkerer Leitungsfähigkeit des ersteren eine gröfsere Geschw digkeit, als sie im letzteren erhalten kann, wird daher in Berührung der Oberfläche des letzteren verzögert, und äuf somit eine Repulsion gegen das erstere. Dafs aber die Wä eine für diese Wirkung genügende Repulsion äufsern kön kann nicht zweifelhaft seyn, da die Ausdehnung durch Wä alle Bande der Cohäsion überwindet, und die Vorstellung daher nichts an sich Widerstreitendes, dafs der Wärmes welcher zwei Molecüle des nämlichen Körpers von einan entfernt, auch in dem Augenblick, wo er aus einem gut tenden Körper in einen schlecht leitenden übergeht, die berührenden Molecüle beider von einander zu entfernen Vermögen habe. Inzwischen hat neuerdings Seebeck[4] das teressante Problem einer ebenso ausführlichen als gründli Untersuchung unterworfen. Zuerst werden von ihm die hau

---

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XIX. p. 57 u. 107.
2 Bulletin des Sciences mathém. T. IX.
3 Vergl. Art. *Temperatur*. Bd. IX. S. 547. Anm. 3.
4 Poggendorff's Ann. LI. 1.

by Google

ihm doch Verwandtes auf Formen zurückgeführt. Hier- durch wird die Anschauung gewonnen, daß die Körper, welche sich durch Form und Gestalt unterscheiden, dennoch in ihrer Grundlage gleich sind, und daß sie nur durch die Formen sich ungleichartig darstellen. Auf die- selbe Weise wird auch die Ausdehnung der Körper, die Ausdehnung durch Wärme, auf die Ausdehnung durch Wärme der Elemente der Teile zu. Indem so die Ausdehnung der Körper durch Wärme auf die Ausdehnung der Elemente der Teile zurückgeführt wird, wird auch die Ausdehnung der Elemente der Teile durch Wärme, das heißt, die Ausdehnung der Elemente der Teile durch Wärme, auch in anderen Fällen, wie zu- nächst in der Elektrizität, auf Formen zurückgeführt. Es wird also auch hier die Ausdehnung durch Wärme auf die Ausdehnung durch Wärme zurückgeführt. Es wird also auch hier Ausdehnung durch Ausdehnung zu einer Form durch Ausdehnung zu einer Form

weis die Dreyheit Gottes, die weder als Wahrheit noch als Gut, noch als Weisheit, noch als Liebe, noch als Wirkung ohne die andere bestehen kann, sondern diese alle in ihrem Zusammenhange in sich begreift, und ein Ganzes ausmacht. Die meisten Neuberer wollen, daß Jesus Christus nicht Gott sey, sondern ein Mensch, wie wir alle. Sie haben Ursache, diese Meynung zu hegen, weil sie sich nicht zu Jesus Christus als zu ihrem Gott bekennen, und ihn nicht anbeten. Sie sagen, er habe sich nur durch Anstrengung der menschlichen Kräfte zum Gott gemacht, und sey nicht mehr als ein Prophet, ein Apostel, oder Heiliger, gewesen. Sie sagen, er habe sich durch die gewaltige Anstrengung und Arbeit, die er in seinem Leben ausgestanden, zu einem Gott gemacht, und sey nun zu Gott. Wenn sie das meinen, so haben sie Recht, daß sie ihn nicht anbeten, denn er ist nicht Gott. Er war ein Mensch wie andere. Er war ein Sünder wie wir. Er hatte Sünden, die er bereuen mußte, und die ihm vergeben wurden, wie andern Menschen. Er hatte Versuchungen auszustehen, wie andere Menschen. Er wurde, wie es durch eine ganz natürliche Geburt geschieht, in Sünden empfangen und geboren. Er hatte Sünden, die er bereuen mußte, und die ihm vergeben wurden, wie andern Menschen. Er hatte Versuchungen auszustehen, wie andere Menschen. Er wurde, wie es durch eine ganz natürliche Geburt geschieht, in Sünden empfangen und geboren. Er hatte

2) Fortpflanzung der Wärme in den verschiedenen Körpern; Wärmeleitung.

Die bisherigen Untersuchungen bezogen sich auf die Abgabe und Annahme der Wärme, ohne eigentliche Rücksicht auf dasjenige, was dabei in den andern, mit im Conflicte befindlichen, Körpern vorgeht; wir müssen jetzt aber diejenigen Erscheinungen prüfen, die sich dann zeigen, wenn die Wärme in den Körpern ungleich vertheilt worden ist und dieselben in gegebenen Richtungen durchströmt, um sich ins Gleichgewicht zu setzen. Dabei bleibt das Verhalten derjenigen Körper, welche gleichzeitig Wärme den zu untersuchenden Körpern zuführen oder sie von ihnen aufnehmen, zunächst unberücksichtigt, statt dafs dieses im nächstfolgenden Abschnitte vorzugsweise in Betrachtung kommt. Sofern es sich bei allen diesen Phänomenen um die Verbreitung der Wärme handelt, können sie zwar nicht scharf gesondert werden, auch pflegt man sie unter dem allgemeinen Namen der Wärmeleitung zusammenzufassen, inzwischen dürfte die folgende Eintheilung die Uebersicht des Ganzen erleichtern.

a) Fortpflanzung der Wärme durch Flüssigkeiten.

286) Nach der älteren Ansicht strömt die Wärme oder das Elementarfeuer, wie unter Andern Boerhave sich mit seiner gewohnten Bestimmtheit hierüber ausdrückt, ungehindert durch die Zwischenräume der Körper, und es müfste hiernach schon an sich selbst die Leichtigkeit dieser Strömung der Gröfse dieser Zwischenräume direct proportional seyn. Diesem gemäfs hielt man die dichtesten Körper für die schlechtesten Leiter, fand aber bald die Erfahrung hiermit im Widerspruche. Die neueren Untersuchungen haben gezeigt, dafs sich hierüber so leicht kein allgemeines Gesetz aufstellen läfst und mehrfache Bedingungen, namentlich auch die specifische Wärmecapacität der Körper, dabei in Betrachtung kommen, weshalb die Thatsachen erst auf dem Wege der Erfahrung auszumitteln sind. Bei den Flüssigkeiten liegt ein bedeutendes Hinderniſs eben in der leichten Beweglichkeit derselben, und es kann daher eine reine und unbedingte Fortleitung der Wärme bei ihnen in der Art, wie

bei festen Körpern, gar nicht statt finden, indem diejenige ihrer Theile, welche Wärme aufgenommen haben, in Folg ihres geringeren specifischen Gewichtes aufsteigen und die selbe auf diese Weise schneller, als durch blofse Leitung, v einem Orte zum andern, im Allgemeinen in die Höhe führ Berücksichtigen wir zuerst die *expansibelen Flüssigkeiten*, werden hieraus eine Menge bekannter Erscheinungen erkl Im Ganzen sind sie sehr schlechte Wärmeleiter, wie vorzü lich Rumford[1] dargethan hat; indefs kenne ich keine Ver che, welche direct zur Ausmittelung der Wärmefortpflanzung gesetze, mit Ausschlufs des Einflusses ihrer Beweglichkeit, gestellt worden wären, alle beziehn sich vielmehr auf ihr Durch leitungsvermögen, was übrigens hiermit in nächster Verbind steht. Wird der Einfluss ihrer Beweglichkeit nicht ausg schlossen, so ist das hierher Gehörige theils oben bei Strahlung erörtert, theils rücksichtlich der Bewegung an sich Art. *Luftheizung*[2] abgehandelt worden.

287) Die *tropfbaren Flüssigkeiten*, namentlich das W ser, galten für gute Wärmeleiter, weil sie erhitzten Körp ungleich schneller, als die Luftarten, ihre Wärme entzi und die mit ihnen in Berührung gebrachten Körper, zunäch in Folge ihrer grofsen Wärmecapacität, schnell erkalten chen. Allerdings findet hierbei auch eine Fortpflanzung Wärme durch die Masse der Flüssigkeiten statt; weil aber z nächst nur die Abkühlung der sie berührenden Körper in B trachtung kommt, so ist das dahin Gehörige bereits bei Strahlung (§. 263) erörtert worden. Beschränken wir uns gegen ausschliefslich auf das Fortpflanzungsvermögen, wel durch das Verhältnifs der Zeit, binnen welcher die Wärme wisse Räume in der Masse der Flüssigkeiten durchläuft, ge ben wird, so hielt man die Flüssigkeiten, den Einfluss ih Beweglichkeit nicht beachtend, gleichfalls für gute Wärmel ter, bis Rumford[3] durch seine Untersuchungen zu der

---

1 Philos. Trans. 1792. Daraus in Gren Journ. T. VII. P. Vergl. dessen Exper. Essays. Ess. VI.

2 Vergl. Art. *Heizung*. Bd. V. S. 189.

3 Experimental Essays. Ess. VII. Lond. 1797. Gren a. Jo T. IV. p. 418. G. I. 214. 323. II. 249. Nicholson's Journ. 8. Journ. de Phys. T. IV. Cah. 3 u. 4. Biblioth. Brit. T. XXXII. P. Thomson's Chemistry T. I. p. 91.

hauptung geführt wurde, die expansibelen sowohl als auch die tropfbaren Flüssigkeiten seyen absolute Nichtleiter der Wärme und letztere werde in ihnen blofs durch die Bewegung ihrer Theile fortgeführt. Diese Behauptung fand lebhaften Widerspruch und veranlafste einen anhaltenden Streit und eine Menge von Versuchen, weil es so ausnehmend schwer war, den Einfluss der Beweglichkeit der erwärmten Theile gänzlich auszuschliefsen, bis das Problem neuerdings durch unzweideutige Versuche entschieden worden ist. Wir wollen hierüber das Wichtigste mittheilen.

288) Kaum hatte Rumford seine anscheinend paradoxe Ansicht von der gänzlichen Unfähigkeit der Flüssigkeiten, die Wärme zu leiten, aufgestellt, als er auch eine Menge Gegner fand[1], deren mühsame Versuche genügend darthun, wie schwer es hält, irgend einen Satz unwidersprechlich zu begründen oder zu widerlegen. Rumford stützte seine Behauptung, dafs weder expansibele noch auch tropfbare Flüssigkeiten eigentliche Leiter der Wärme seyn können, auf das Argument, dafs jedes erwärmte Theilchen wegen der grofsen Ausdehnungsfähigkeit flüssiger Körper sogleich specifisch leichter wird und aufsteigt, mithin die aufgenommene Wärme mit sich fortführt und demnach nicht an ein benachbartes Theilchen abgeben kann. Dieses Aufsteigen findet allerdings statt, wie man vermittelst kleiner, in den tropfbaren Flüssigkeiten schwebender Körperchen leicht gewahrt, es dient daher vorzugsweise und im hohen Grade zur Verbreitung der Wärme in der ganzen Masse der expansibelen und tropfbaren Flüssigkeiten und somit zur Erklärung vieler Phänomene, insbesondere wenn man die gleichzeitig aufgefundene Entdeckung, dafs das Wasser über dem Gefrierpuncte am dichtesten ist, hinzunimmt; allein es folgt doch keineswegs, dafs nicht das aufsteigende Theilchen auch zugleich einige Wärme an berührende Theilchen abgeben und auf diese Weise die Wärme wirklich fortleiten könne. Inzwischen brachte Rumford einen in siedendem Wasser er-

1 Kurz erwähne ich de Luc in v. Crell's chem. Ann. 1798. Th. I. S. 283. G. I. 464. Hope in Edinb. Phil. Trans. T. V. p. 394 und Brewster in Philos. Trans. 1816. p. 106. Prevost in Journ. de Phys. 1811. Févr. Achard in Nouv. Mém. de Berlin. 1786. Uebers. in Crell's chem. Ann. 1787. Th. II. S. 195 u. 291.

Digitized by Google

hitzten eisernen Cylinder mit Vorsicht, um Strömungen vermeiden, bis zu 0,2 Z. Entfernung über eine Eisspitze einem mit feinem Olivenöle angefüllten cylindrischen Gl ohne dafs die Eisspitze schmolz oder im mindesten verän wurde.

289) Gegen die Behauptung, dafs alle Flüssigkeiten solute Nichtleiter der Wärme seyen, erklärte sich Socqu indem er theils die Beweiskraft der Versuche angriff, th ihnen andere entgegensetzte, die zur Widerlegung dien Grimm[2] aus blofs oberflächlichen Gründen und Nicholso in Gemäfsheit sinnreicher Versuche, die wir aber hier üb gehn, um für andere, wohl noch wichtigere Raum zu gew nen. Murray[4] brachte in einen hohlen Cylinder von Eis Kugel eines empfindlichen, horizontal liegenden Thermome so, dafs die Kugel sich in der Axe des Cylinders befand, eine Schicht Mandelöl darüber, deren Oberfläche nur 0,25 über die Kugel hervorragte, hing dann einen hohlen Cylin von Eisenblech mit flachem Boden bis fast zur Berührung Oels darüber auf und füllte diesen mit zwei Unzen sieden Wassers. In 1,5 Min. stieg das Thermometer um 0°,41 C.; 3 Min. um 1°,39; in 5 Min. um 2°,37; in 7 Min. um 3°, und wurde dann stationär. War die Oelschicht über der K gel höher, so erfolgte das Steigen langsamer, aber selbst, w ihre Dicke 0,75 Z. betrug, stieg das Thermometer in 7 M um 0°,83 C. Quecksilber statt des Oels genommen gab glei Resultate, jedoch erfolgte das Steigen schneller, wodurch also diese Flüssigkeit nicht blofs als ein Leiter der Wär sondern auch als ein besserer in Vergleichung mit dem Q zeigt. Aehnlich sind die Versuche von Traill[5], wodurch zugleich das relative Leitungsvermögen der verschiedenen Fl sigkeiten aus der ungleichen Geschwindigkeit der durchst menden Wärme auszumitteln suchte. Die Flüssigkeiten l fanden sich, um Zuleitung von aufsen zu vermeiden, in ein hölzernen Gefäfse, in dessen Axe die Kugel eines horizonta

---

1 Journ. de Phys. T. VI. p. 441. G. VI. 407.

2 G. VII. 361.

3 Dessen Journ. V. 197. Bibl. Brit. T. XVIII. p. 3.

4 System of Chimistry 3d ed. T. I. p. 305. Vergl. Nicholso Journ. 8vo. T. I. p. 165 u. 241. G. XIV. 158.

5 Nicholson's Journ. T. XII. p. 137.

Google

Thermometers 0,5 Z. unter der Oberfläche der Flüssigkeit zum Messen der Erwärmung diente. Die Oberfläche der Flüssigkeiten wurde dann mit einem bis zur Siedehitze erwärmten eisernen Cylinder berührt und die Zeit gemessen, binnen welcher das Thermometer um 1°,67 C. stieg. Hierzu waren erforderlich für

Quecksilber	0′	15″	zerflossene Pottasche	8′	15″
ges. Lös. von schwefelsaurer Soda . . .	6	30	Kuhmilch	8	25
Wasser	7	5	ges. Alaunsolution .	9	40
Weingeist	8	0	abs. Alkohol	10	45
Eisenvitriol in 5 Th. Wasser	8	1			

Schon früher trat Thomas Thomson[1] als Gegner des aufgestellten neuen Gesetzes auf, wobei er zuerst die eigentliche Streitfrage sehr präcis feststellt, indem er die Behauptung, dafs sich die Wärme in den Flüssigkeiten vorzugsweise durch die Bewegung ihrer Theile verbreitet, als gültig zugesteht, die andere aber, wonach in ihnen bei völliger Ruhe ihrer Theile gar keine Fortpflanzung derselben statt finden soll, in Abrede stellt. Rumford fand, dafs Eis unter eiskaltem Wasser, wenn über letzteres eine Schicht heifses gegossen wurde, schmolz, und leitete dieses davon her, dafs das zunächst unter dem heifsen befindliche, um einige Grade erwärmte als specifisch schwerer zu Boden sank; allein hieraus folgt doch nothwendig, dafs die nächstfolgenden tieferen kalten Wasserschichten von der oberen heifsen diese Wärme annehmen mufsten, und wenn eine Schicht (ohne Mischung) Wärme von einer andern annimmt, so ist damit die Leitung von selbst gegeben. Mit gleichem Rechte zeigt er, dafs Rumford andere Resultate erhalten haben würde, wenn er statt einer Eisspitze ein Thermometer als weit empfindlicher gewählt hätte. Aufserdem aber stellte er directe Versuche an, indem er Quecksilber in eine tubulirte Retorte gofs, über dieses vorsichtig eine leichtere, gleich kalte, und hierüber dieselbe leichtere erhitzte so vorsichtig brachte, dafs keine Bewegungen entstanden. Aus dem Verhalten der drei Thermometer A, B Fig. 54.

1 Nicholson's Journ. T. V. p. 529. G. XIV. 129.

und C ergab sich, dafs die Wärme von oben herab w
durch Strömungen verbreitet, noch an den Wandungen
Gefäfses herabgeführt, sondern durch die Masse des Quec
bers geleitet wurde. Auf gleiche Weise prüfte er Wasser
Schwefelsäure, die sich gleichfalls als Wärmeleiter, wenn
als sehr schlechte im Verhältnifs zum Quecksilber zei
John Dalton[1] blieb bei diesem Streite kein müfsiger
schauer, sondern stellte eine grofse Reihe vielfach modifi
Versuche an, aus denen unverkennbar hervorging, dafs so
Wasser als auch Quecksilber die Wärme leiten und unter
gegenseitig austauschen, wenn gleich das Leitungsvermö
namentlich das des Wassers, in Vergleichung mit festen Kö
ein sehr geringes ist; indefs ist dasselbe beim Eise noch
gleich geringer, denn als ein Eisstück, in dessen oberem
sich die Thermometerkugel befand, mit dem andern in
kaltmachende Mischung getaucht wurde, sank das Thermo
erst nach geraumer Zeit um nicht mehr als 0°,28 C.

290) Während die genannten englischen Physiker den
Rumford aufgestellten Satz bestritten, waren auch einige
den Deutschen nicht müfsig, und insbesondere liefs sich
Rot[2] angelegen seyn, das wichtige Problem einer umfasse
genauen Prüfung zu unterwerfen, die Rumford selbst im
teresse der Wahrheit gewünscht hatte[3]. Zuerst beleuchte
mit kritischem Scharfsinn die angegebenen Versuche nebs
Gültigkeit der aus ihnen abgeleiteten Schlüsse, und wies
Unhaltbarkeit derselben aus Gründen nach, die zum Theil s
erwähnt worden sind und hier füglich übergangen werden
nen, da man dieselben gegenwärtig bei dem vorgerückten St
der Wissenschaft leichter selbst auffinden kann. Die din
Versuche bezogen sich auf das Wärmeleitungsvermögen
Luft, des Wassers und des Quecksilbers, wozu ein eigens
Fig. 55. struirter Apparat verwandt wurde. Dieser bestand aus
Glasröhre mit einer Fassung, auf einem Dreifufs vertical b
stigt. Durch die Fassung ging die Röhre eines krummgeb
nen Thermometers, dessen Kugel A so grofs war, dafs sie
inneren Raum der Röhre bis auf Papierdicke ausfüllte. E

1 Mem. of the Soc. of Manchester. T. V. p. 473. G. XIV.
2 G. XVII. 257.
3 Ebendaselbst XV. 241. 369.

Digitized by Google

Gärtn. 48, 741; Fl. des. Gärtn. Gärtner 8, Wohlm. 8, 1859, 1, 1860, 1, 1861, 1, 1862, 1, 1863, 1, 1864, 1, 1865, 1, 1866, 1, 1867, 1, 1868, 1, 1869, 1, 1870, 1, 1871, 1, 1872, 1, 1873, 1, 1874, 1, 1875, 1, 1876, 1, 1877, 1, 1878, 1,

Genauigkeit ausgeführten Versuche darf man wohl die L tungsfähigkeit der Flüssigkeiten als erwiesen betrachten[1].

291) Nach einer geraumen Zwischenzeit wurde die S frage zur endlichen Entscheidung gebracht durch Vers welche Despretz[2] anstellte, worin er allen den strengen F derungen genügte, welche gegenwärtig an diejenigen ge werden, die sich der Lösung einer solchen Aufgabe unter Als Apparat diente ein langer hohler Cylinder, welcher recht gestellt und mit mehreren Thermometern versehn wu deren Kugeln sich in der Axe des Cylinders befanden, wä rend die horizontalen Röhren derselben mit ihren Scalen d die Wandungen herausragten. Die Oberfläche des Wassers dem genannten Cylinder berührte der Boden eines kupfer Gefäfses mit siedendheifsem Wasser, welches durch eine eignete Vorrichtung von 5 zu 5 Minuten erneuert wurde. ergab sich aus den erhaltenen Resultaten, dafs dann, wenn so leicht entstehenden Strömungen vermieden werden, die F pflanzung der Wärme durch eine Wassersäule nach den m lichen Gesetzen geschieht, als durch eine Metallstange. gleich dieses einfach aus theoretischen Gründen folgt und her die Bestätigung desselben durch die Versuche nicht eig lich auffallen konnte, so berücksichtigte dennoch Despr die verschiedenen hiergegen vorgebrachten Einwendungen, änderte daher seine Versuche in der Weise ab, dafs auch sen dadurch begegnet wurde. Zu dem Ende wählte er ei weiteren Cylinder von 405 Millim. Durchmesser, 1 Met. H und 28 Millim. Dicke der Wandungen. Aufser den Therm tern, deren Kugeln sich in der Axe des Cylinders befan brachte er noch eine zweite Reihe an, deren Kugeln nur 5 Mil Abstand von der innern Seite der Wandungen hatten, und e lich eine dritte Reihe, deren Kugeln in die Wandungen se eingelassen, die Löcher aber mit Wachs verstopft waren, den Einfluss der äufsern Luft abzuschneiden. Der unter

---

1 Einige Einwendungen Rumford's, hauptsächlich aus den *chern im Eise des Chamouni* hergenommen, in G. XVIII. 861, a Parrot's Widerlegung derselben ebendaselbst XXII. 148 übergeh ich.

2 L'Institut VI. Ann. N. 257 u. 285. Comte rendu 1838. T. V p. 933. Ann. de Chim. et Phys. T. LXXI. p. 205. Poggendorff's An XLVI. 340.

leichmäfsige Abstand der ersten Reihe von Thermometern deren Kugeln bis in die Axe des Cylinders ragten) von einander betrug 90 Millim., und um bei der schlechten Leitungsfähigkeit des Wassers dennoch zu genügenden Resultaten zu gelangen, dauerte die Versuchsreihe 60 Stunden, allein auch in dieser langen Zeit veränderten die untersten sechs Thermometer ihren Stand nicht, blofs die oberen sechs zeigten das Gesetz der Wärmeleitung. Folgendes sind die erhaltenen Resultate:

Abstand von der Wärmequelle	Stand der Thermometer im Centrum	5 Millim. von der Wand	in der Wandung
0,091 Met.	42°,46	33°,45	25°,52
0,136 — —	33,82		
0,181 — —	28,03	23,20	19,45
0,226 — —	23,60		
0,271 — —	20,47	17,66	16,28
0,316 — —	18,22		

Formel für die Fortpflanzung der Wärme in einer metallen Barre ist nach Poisson (vergl. §. 293):

$$u = A e^{-x\sqrt{\frac{\gamma}{k}}} + B e^{x\sqrt{\frac{\gamma}{k}}}$$

für eine unendlich lange Barre:

$$u = A e^{-x\sqrt{\frac{\gamma}{k}}},$$

worin u den Unterschied der Temperatur eines Punctes in der Entfernung x über die äufsere, γ die äufsere, k die innere Leitungsfähigkeit bezeichnen, A und B aber Constanten sind. Die Beobachtungen geben folgende geometrische Reihe, wie sie sich in einer unendlich langen Barre zeigen würden:

Temperaturen	Unterschied	Quotienten
42°,46 C.	29°,21 C.	1,42
33,82 —	20,57 —	1,39
28,03 —	14,78 —	1,43
23,60 —	10,35 —	1,43
20,47 —	7,22 —	1,43
18,22 —	5,03 —	1,44

Die äufsere Temperatur war in den letzten drei Stunden a
haltend 13°,25 C. Desretz prüfte mittelst dieser beiden u
gleich weiten Cylinder auch das Verhältnifs ihrer Durchmes
und den Quotienten der geometrischen Progressionen, die
für endliche Gröfsen zeigten. Nach Poisson N. 125 f
det hierbei für metallene Barren das Gesetz statt, d

$\frac{\text{Log. q}}{\text{Log. q}'} = \sqrt{\frac{D'}{D}}$, wenn q und q' die Quotienten, D und D'
Durchmesser bezeichnen. Die Versuche gaben $\frac{\text{Log. q}}{\text{Log. q}'} = 1,$

und $\sqrt{\frac{D'}{D}} = 1{,}36.$ Rücksichtlich der eigentlichen Frage
durch diese Versuche wohl evident entschieden, dafs das W
ser allerdings nicht blofs die Wärme durch seine Masse fo
leite, sondern hierbei auch den nämlichen Gesetzen, als fe
Körper, unterliege. Ueber andere Flüssigkeiten ist zwar nic
dadurch bestimmt, allein aus der Uebereinstimmung, wel
sämmtliche Flüssigkeiten in den vielen andern Versuchen
zeigt haben, dürfen wir mit Grunde schliefsen, dafs sie
auf gleiche Weise als das Wasser verhalten. Dieses führt
dann zu dem wichtigen Resultate, dafs die Fortpflanzung
Wärme durch tropfbare Flüssigkeiten nach den nämlichen
setzen geschieht, als durch feste Körper. Berücksichtigen
die aus zahlreichen Versuchen hervorgehenden Resultate
die Fortpflanzung der Wärme in den Gasarten, vorausgese
dafs die Bewegungen in denselben dabei keinen Einfluss a
üben, so erstreckt sich die Folgerung noch weiter und führt
dem allgemeinen Satze, dafs die Fortpflanzung der Wärme
allen Körpern, sowohl expansibelen, als auch tropfbar flü
gen und festen, nach dem nämlichen Gesetze geschieht, wo
jedoch gleiche Räume nach dem verschiedenen Leitungsv
mögen der Körper sehr ungleiche Zeiten erfordern, und zwa
der Art, dafs für grofse Abstände bei schlecht leitenden S
stanzen, als tropfbaren und insbesondere elastischen Flüs
keiten, unendlich lange Zeiten erforderlich seyn wür
Machen wir endlich eine Anwendung auf den leeren Ra
von der Thatsache ausgehend, dafs die Geschwindigkeit
Leitung mit der Dichtigkeit der expansibelen Flüssigkeiten
nimmt, so führt uns dieses zu dem Schlusse, dafs die Hi

Digitized by Google

melskörper, welche durch Tausende von Meilen von einander getrennt sind, ihre Wärme wechselseitig auszutauschen nicht vermögen, weil hierzu eine unendlich lange Zeit erforderlich seyn würde[1]. Hypothetisch könnten wir hinzusetzen, dafs ein absolutes Vacuum gar nicht existirt, sofern Dämpfe und Aetherarten, namentlich der Lichtäther, überall verbreitet sind, deren Leitungsvermögen jedoch ihrer Dichtigkeit proportionab also verschwindend gering seyn müfste[2].

3) Fortpflanzung der Wärme in festen Körpern.

292) Die Fortpflanzung der Wärme in festen Körpern hat man, wie alle Erscheinungen ihrer Aufnahme, Abgabe und Verbreitung, unter dem gemeinschaftlichen Namen der *Wärmeleitung* zusammengefafst. Dieser Mangel an Trennung der verschiedenartigen Erscheinungen hatte zur Folge, dafs die schlechtesten Wärmeleiter zugleich auch die besten seyn sollen, wie sich auffallend aus der (§. 260) mitgetheilten Tabelle ergiebt. Die Sache ist übrigens leicht begreiflich. Es versteht sich nämlich von selbst, dafs diejenigen Körper, welche die Wärme am wenigsten durch Attraction binden und daher am schwierigsten von einem Elemente zum andern übergehn lassen, sie auch am leichtesten abgeben (ein Verhalten, welches im Abschnitte *Strahlung* untersucht worden ist) und sich somit als die besten Wärmeleiter in diesem Sinne zeigen. Die mit den entgegengesetzten Eigenschaften versehenen Körper geben die Wärme schwer ab, erscheinen demnach als schlechte Wärmeleiter, nehmen sie dagegen begierig auf und führen sie sowohl leicht als schnell von einem ihrer Theilchen zum andern, sind also in dieser Beziehung gute Wärmeleiter. In diesem Abschnitte ist blofs von der Fortpflanzung der Wärme im Innern fester Körper die Rede.

---

1 Diese Annahme würde gleichfalls am besten zu der §. 372 hypothetisch aufgestellten Theorie passen.

2 Es ist wohl zu merken, dafs der Durchgang der *strahlenden* Wärme, wovon unter Nr. 3 die Rede seyn wird, ganz verschiedenen Gesetzen folgt; namentlich geht die strahlende Wärme nach Melloni nicht durch Wasser, obgleich dieses nach den angegebenen Versuchen ein Leiter, wenn auch ein sehr schlechter, der gewöhnlichen Wärme ist.

Digitized by Google

Die ungleiche Leitungsfähigkeit der verschiedenen Körp zeigt sich täglich in zahlreichen Erscheinungen. Legt man eine Ende gleich langer Stangen von Metall, Glas und et Pfeifenthon ins Feuer, so wird die Wärme in sehr ungleich Zeiten sich auf gleiche Entfernungen verbreiten; man kann e Glasstange und ein Pfeifenrohr wenige Zoll von ihrem g henden Ende entfernt mit den Fingern ohne Nachtheil berü ren, während die Metallstange hierzu eine zu hohe Tempe tur angenommen hat. Die Körper müssen sich hierbei in ner kälteren Umgebung befinden, werden daher stets Wä durch Strahlung verlieren, und es mufs demnach bei allen gewisse Entfernung von der Wärmequelle, aus welcher ih Wärme zuströmt, statt finden, in welcher die Menge der geführten Wärme der abgegebenen gleich ist, mithin kein berschufs derselben mehr existirt; allein diese Entfernungen bei den verschiedenen Körpern ihrem Leitungsvermögen um kehrt proportional. Die genaue Erörterung der Aufgabe fällt also in zwei Untersuchungen, zuerst welche Körper Wärme am schnellsten fortleiten, und zweitens nach wel Gesetzen diese Leitung überhaupt geschieht.

293) Ingenhouss[1] steckte gleich dicke und gleich la Drähte verschiedener Metalle durch eine Scheibe, überzog oberhalb derselben mit Wachs und tauchte ihre unteren En in Oel, welches bis etwa zur Siedehitze des Wassers erwa war; die Höhe, bis zu welcher das Wachs in der nämlic Zeit schmolz, gab ihm das Verhältnifs des Leitungsvermög Hiernach erhielt er aus 12 Versuchen im Mittel für die ga baren Metalle folgende Reihe ihres abnehmenden Leitungsv mögens: Silber, Kupfer, Gold und Zinn gleich, Eisen, St Blei. Ure[2] wiederholte diese Versuche und erhielt folge Reihe: Silber, Kupfer, Messing, Eisen und Zinn gleich, Gu eisen, Zink, Blei.

In neuerer Zeit hat man nicht blofs die *relative L tungsfähigkeit* der verschiedenen Körper, sondern auch *Gesetz* dieser Fortpflanzung auszumitteln gesucht. Zuerst

---

1 Journ. de Phys. T. XXXIV. p. 68. Nouvelles Expér. p. Verm. Schriften. Ueb. von Moliton. Wien 1784. Th. II. S. 343. Gr Journ. d. Phys. Th. I. S. 154.

2 Herschel in Encycl. Met. Art. Heat. p. 299.

Digitized by Google

ah dieses durch Rumford[1], indem er das eine Ende einer
rnen Stange in ein mit kochendem Wasser, das andere in
mit Eis gefülltes Gefäfs führte, in der Stange selbst aber
gleich weit von den Enden und von einander abstehende
her anbrachte, in welche er etwas Quecksilber zur besseren
ung gofs und in dieses die Kugeln dreier feiner Thermo-
r einsenkte. Er erwartete, dafs das mittlere derselben auch
mittlere Wärme der beiden andern angeben müsse, wonach
Gesetz der Fortleitung durch eine gerade Linie ausgedrückt
de, allein nach dem *Newton'schen Gesetze* mufs diese Li-
ine logarithmische Curve seyn. Die theoretische Entwicke-
dieses Gesetzes in Beziehung auf das vorliegende Problem
zuerst Biot[2], welcher zugleich einige Versuchsreihen zur

---

1 G. XVII. 222.

2 Ebendaselbst XVII. 231. Ausführlicher in Traité de Phys. T.
. 668. Vergl. Haüy in Journ. des Mines T. XVII. p. 203. Play-
in Edinb. Phil. Trans. T. VI. p. 355. Handelt es sich um diese
abe im Allgemeinen, so erstreckt sich die Untersuchung auf die
reitung der Wärme im Raume überhaupt, ein namentlich von
lösischen Gelehrten mehrmals und mit grofsem Aufwande analyti-
Kunst behandeltes Problem. Dahin gehört zuerst Lambert in
r Pyrometrie, dann aber wurde die Aufgabe weit ausführlicher
gründlicher behandelt durch Biot in Mém. sur la propagation de
aleur. Par. 1804, vergl. Bibl. Brit. T. XXVII., demnächst von
ma in Mém. sur la chaleur. Par. 1807 und in seiner Preisschrift
812 in Mém. de l'Acad. des Sc. T. IV u. V. und abermals in
rie analytique de la chaleur. Par. 1822. 4. Gleichzeitig finden
selbe behandelt durch Laplace in Connaissance des Temps 1823
n Méc. cél. Liv. XI. übereinstimmend mit Fourier. Durch eine
liedene Analyse gelangte Poisson zu demselben Resultate in ei-
igenen Mémoire in Journal de l'École polytechnique Cah. 19. und
ärlicher in Théorie mathématique de la Chaleur. Par. 1835. 4.
ide einen nicht angemessenen zu grofsen Raum erfordern, wofür
hier auf diese ausführlichen Untersuchungen eingehe, auf die
ber nur verweisen. Noch gehört hierher ein Mém. von Dulong
rer in Journ. de l'École polytechnique Cah. 18, worauf sich Lame
ber Untersuchung über die Verbreitung der Wärme in einem
eide bezieht. L'Institut 1re Ann. Nr. 7. Cauchy in Exerc. T. III.
1 u. 146 zeigt, dafs man auf einfache Weise zu einem allge-
n Ausdrucke über die Verbreitung der Wärme im Raume über-
gelangen könne. Ihm ist die Wärme eine Flüssigkeit, deren
Theilchen sich von einem durch die Coordinaten (x, y, z) ge-
nen Puncte nach derjenigen Richtung bewegt, nach welcher die
gkeitsabnahme der Wärme die stärkste ist, und die Menge der-

Digitized by Google

Fig. 56. Prüfung desselben anstellte. Denkt man sich eine metallene Stange AB von so geringer Dicke, dafs die Wärme in allen Puncten ihrer Querschnitte als gleichmäfsig hoch zu betrachten ist, das eine Ende A in eine beständige Wärmequelle eingesenkt, d

---

selben, welche während des Zeitelementes ∂t durch ein Flächenel ment geht, welches lothrecht auf diese Richtung ist, mufs dieser A nahme der Dichtigkeit proportional seyn, bedingt durch die Leitun fähigkeit dieses Punctes. Es sey dann durch diesen Punct ein F chenelement s gelegt, auf dieses werde ein Perpendikel gefället, w ches die Winkel λ, μ, ν mit den rechtwinkeligen Axen x, y, z det, k sey das Leitungsvermögen des Punctes und ϱ die Dichtig der Wärme, so ist die Wärmemenge, welche während des Zeit mentes ∂t durch das Flächenelement s geht, gegeben durch den A druck:

$$-k\left(\text{Cos.}\,\lambda\frac{\partial\varrho}{\partial x}+\text{Cos.}\,\mu\,\frac{\partial\varrho}{\partial x}+\text{Cos.}\,\nu\,\frac{\partial\varrho}{\partial z}\right).$$

Gehört s der äufsern Oberfläche eines festen Körpers an, ist die T peratur desselben $=\varrho$, die äufsere $=\sigma$ und die Wärmemenge, während des Zeitelementes ∂t durch s geht, $=\varrho-\sigma$, so hat ma

$$-k\left(\text{Cos.}\,\lambda\frac{\partial\varrho}{\partial x}+\text{Cos.}\,\mu\,\frac{\partial\varrho}{\partial y}+\text{Cos.}\,\nu\,\frac{\partial\varrho}{\partial z}\right)=K(\varrho-\sigma),$$

worin K den Strahlungscoefficienten der Oberfläche bezeichnet. ser Ausdruck ist also auch auf die oben abgehandelte Strahlung wendbar. Ist die Temperatur des äufseren umgebenden Mediums so hat man:

$$\text{Cos.}\,\lambda\frac{\partial\varrho}{\partial x}+\text{Cos.}\,\mu\,\frac{\partial\varrho}{\partial y}+\text{Cos.}\,\nu\,\frac{\partial\varrho}{\partial z}+\frac{K}{k}\varrho=0.$$

Endlich findet unter denselben Voraussetzungen die bekannte Fo statt:

$$\frac{\partial\varrho}{\partial t}=k\left(\frac{\partial^2\varrho}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\varrho}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\varrho}{\partial z^2}\right).$$

In der Allgemeinheit, wie dieses Problem durch Fourier, Poisson Andere nach ihnen aufgefafst worden ist, bezieht es sich auf die gabe, den veränderlichen und endlichen Zustand der Temperatur nes gegebenen Punctes im Innern eines homogenen Körpers von gebener Form zu bestimmen, dessen Oberfläche constanten Wä quellen ausgesetzt ist oder in eine Umgebung von bekannter Tem ratur Wärme ausstrahlt, berechnet für gerade Cylinder mit kreis der Grundfläche, für die Kugel und wenig von der Kugelform weichende Körper, für senkrechte Prismen mit rechteckiger Basis, dreiseitige regelmäfsige Prismen u. s. w. Besondere Formeln dann für Körper und Hüllen von Oberflächen des zweiten Grades grenzt erforderlich.

Digitized by Google

Verwandtschaftsgrad, in die Fragen der Vererbung auf Grund der Mendelschen Regeln, in die Lehre von der Immunität und Serumtherapie u. s. w. Ferner ist es für den Arzt wichtig, die Grundzüge der Lehre von der Fortpflanzung und Entwicklung des Menschen zu kennen, um die Gefahren der Ansteckung mit Geschlechtskrankheiten, die Gefahren der Prostitution, die Gefahren der Onanie, die Gefahren der Abtreibung der Leibesfrucht, die Gefahren der Ehen zwischen Blutsverwandten, die Gefahren der Ehen mit Kranken richtig beurteilen zu können. Ferner ist es für den Arzt wichtig, die Grundzüge der Lehre von der Vererbung zu kennen, um die Gefahren der Vererbung von Krankheiten richtig beurteilen zu können. Endlich ist es für den Arzt wichtig, die Grundzüge der Lehre von der Immunität zu kennen, um die Gefahren der Ansteckung mit Infektionskrankheiten richtig beurteilen zu können. Ich möchte diese Aufzählung nicht weiter fortsetzen. Ich möchte nur sagen, daß es für den Arzt wichtig ist, die Grundzüge der Lehre von der Fortpflanzung, Vererbung und Immunität zu kennen.

$$\frac{\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}+\frac{1}{2}}=\frac{1}{4}$$

Ich möchte nur sagen, daß es für den Arzt wichtig ist, die Grundzüge der Lehre von der Fortpflanzung, Vererbung und Immunität zu kennen. Ich möchte nur sagen, daß es für den Arzt wichtig ist, die Grundzüge der Lehre von der Fortpflanzung, Vererbung und Immunität zu kennen. Ich möchte nur sagen, daß es für den Arzt wichtig ist, die Grundzüge der Lehre von der Fortpflanzung, Vererbung und Immunität zu kennen. Ich möchte nur sagen, daß es für den Arzt wichtig ist, die Grundzüge der Lehre von der Fortpflanzung, Vererbung und Immunität zu kennen.

$$\frac{\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}+\frac{1}{2}}=\frac{1}{4}$$

Ich möchte nur sagen, daß es für den Arzt wichtig ist, die Grundzüge der Lehre von der Fortpflanzung, Vererbung und Immunität zu kennen. Ich möchte nur sagen, daß es für den Arzt wichtig ist, die Grundzüge der Lehre von der Fortpflanzung, Vererbung und Immunität zu kennen. Ich möchte nur sagen, daß es für den Arzt wichtig ist, die Grundzüge der Lehre von der Fortpflanzung, Vererbung und Immunität zu kennen.

$$\frac{\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}+\frac{1}{2}}=\frac{1}{4}$$

Hierin bezeichnet M den Modulus der gemeinen Logarithmen = 2,302585, A und B aber Constanten, die durch Versuche bestimmt werden. Denken wir uns den einfachen Fall, daſs das eine Ende der Barre in einer constanten Temperatur = (y) + Y erhalten würde, das andere Ende aber so weit entfernt wäre, um den Einfluſs von y unmerkbar zu machen, so würde für x = 0 auch y = Y werden, und man hätte A = Y, welches substituirt

$$y = Y\,10^{-\frac{x}{M}\sqrt{\frac{b}{a}}},$$

also

$$\text{Log. } y = \text{Log. } Y - \frac{x}{M}\sqrt{\frac{b}{a}}$$

giebt, woraus y gefunden werden kann, wenn a und b bekannt sind. In den meisten Fällen ist dieses nicht der Fall, vielmehr müssen sie durch Versuche gefunden werden.

294) Biot stellte mehrere Reihen von Versuchen an, von denen er einige mittheilt, die in mehrfacher Hinsicht interessante Resultate gaben. Barren von verschiedenen Metallen, welche mehrere Thermometerkugeln in gleich weit abstehenden Vertiefungen mit Quecksilber gefüllt eingesenkt waren, wurden am einen Ende mit einer Wärmequelle (durch eine Weingeistlampe erhitztes Oel oder Quecksilber) von gleichbleibender Temperatur verbunden, und waren so lang, daſs die Wärme nicht bis zum andern Ende gelangte; der Versuch wurde dann so lange fortgesetzt, bis die Temperatur sämmtlicher Thermometer eine genügende Zeit stationär blieb. Eine eiserne Barre wurde am einen Ende in Quecksilber von 82° R. Wärme eingetaucht, die äufsere Luft war 13° R., also Y = 82 − 13 = 69, und die 8 Thermometer hatten folgende Abstände von der Wärmequelle in Decimetern;

Nr. 1	Abstand	2,115	Nr. 5	Abstand	5,902
— 2	—	3,115	— 6	—	7,777
— 3	—	4,009	— 7	—	9,671
— 4	—	4,970	— 8	—	11,556

Der Abstand des Endes betrug 27,342 Centim. Um durch Ungewifsheit der Wärme des Metalls dicht bei der Wär

Digitized by Google

quelle keine Irrthümer einzuführen, wurde Y als unbekannt aus dem Stande des ersten und dritten Thermometers gefunden. Hiernach war

für Nr. 1 ... $y' = 23°,5$ ... $x' = 2,115$
für Nr. 3 ... $y'' = 9,0$ ... $x'' = 4,009$

Diese Gröfsen in die Gleichung eingeführt geben folgende Werthe:

$$\text{Log. } y' = \text{Log. } Y - \frac{x'}{M}\sqrt{\frac{b}{a}}; \quad \text{Log. } y'' = \text{Log. } Y = \frac{x''}{M}\sqrt{\frac{b}{a}}.$$

Eliminirt giebt

$$\frac{1}{M}\sqrt{\frac{b}{a}} = \frac{\text{Log. } y' - \text{Log. } y''}{x'' - x'}; \quad \text{Log. } Y = \frac{x''\,\text{Log. } y' - x'\,\text{Log. } y''}{x'' - x'}$$

und in Zahlen

$$\frac{1}{M}\sqrt{\frac{b}{a}} = 0,2200767; \quad \text{Log. } Y = 1,8355310; \quad Y = 68°,475.$$

Der hier gefundene Werth von $Y = 68°,475$ weicht so wenig von dem unmittelbar durch Messen gefundenen $= 69$ ab [1], dafs die zugleich erhaltenen Constanten a und b als richtig gelten, und also die Temperaturen y, y', y'' ..... für die Abscissen x, x', x'' ..... oder die Temperaturen der Querschnitte des Metalls in gegebenen Entfernungen von der Wärmequelle nach der Formel:

$$\text{Log. } y = \text{Log. } Y - \frac{x}{M}\sqrt{\frac{b}{a}}$$

sich mit Sicherheit berechnen lassen. Die folgende Tabelle enthält die beobachteten und die berechneten Werthe von y.

---

1 Biot bemerkt nur, dafs beide Werthe nicht um voll 0°,5 R. von einander abweichen; es liegt aber sehr nahe bei der Sache, dafs diese völlige Uebereinstimmung eher gegen, als für die Genauigkeit der Versuche entscheiden würde. Die eiserne Barre verlor anhaltend durch Strahlung und selbst ihr eingetauchtes Ende konnte daher die volle Wärme des heifsen Quecksilbers nicht annehmen, auch diejenige nicht, die das eingetauchte kürzere und schlechter leitende Thermometer anzeigte. Darum sind auch die Differenzen der folgenden Tafeln meistens negativ.

Digitized by Google

Tabelle I.

Nr.	Beobachter	Ort	Breite	Länge
1	Tycho	Uraniborg	55° 54′ 0″	18° 0′ 0″
2	Hevel	Danzig	54° 22′ 0″	36° 0′ 0″
3	Picard	Paris	48° 50′ 0″	20° 9′ 0″
4	Cassini	Paris	48° 50′ 0″	20° 9′ 0″
5	Flamsteed	Greenwich	51° 28′ 40″	0° 0′ 0″
6	Cassini	Bologna	44° 29′ 30″	29° 0′ 0″
7	Cassini	Rom	41° 54′ 0″	30° 0′ 0″

Die erste Verbesserung, in Gliede Saturnus' Abstand durch Beobachtungen zu finden, ist die Gleichung $\log \sin \varphi = \log \sin \varphi' + \log \cos \varphi' \cdot \log \tan \varphi'$, wo φ die Länge, und φ' die Anomalie der Sonne ist. Die Verbesserung in einer gewissen Entfernung, wie solches Nr. 1 und Nr. 2 ist, ist $\log \sin \varphi = \log \sin \varphi' + \log \cos \varphi' \cdot \log \tan \varphi' + \log \cos \varphi' \cdot \log \tan \varphi'$.

$$\log \sin \varphi = \log \sin \varphi' + \frac{1}{2} \log \cos \varphi' \cdot \log \frac{\sin 2\varphi'}{1 + \cos 2\varphi'}$$

welches für die gleichnahe Entfernung $= \cos \delta$ in $\frac{\sin 2\varphi'}{1 + \cos 2\varphi'}$ $= \frac{\sin 2\varphi'}{2 \cos \varphi'^2}$ übergeht, wenn Tycho's und Hevel's Beobachtungen mit einander verglichen werden. Wenn aber Tycho's und Picard's Beobachtungen mit einander verglichen werden, so ist $\log \sin \varphi = \log \sin \varphi' + \log \cos \varphi' \cdot \log \tan \varphi' + \log \cos \varphi' \cdot \log \tan \varphi'$.

Die erste Verbesserung ist also $= \log \cos \varphi' \cdot \log \frac{\sin 2\varphi'}{1 + \cos 2\varphi'}$ $= \log \cos \varphi' \cdot \log \frac{\sin 2\varphi'}{2 \cos \varphi'^2}$.

Endlich ist $\frac{1}{2} \log \cos \varphi' \cdot \log \frac{\sin 2\varphi'}{2 \cos \varphi'^2} + \log \cos \varphi' \cdot \log \frac{\sin 2\varphi'}{2 \cos \varphi'^2}$ $= \frac{3}{2} \log \cos \varphi' \cdot \log \frac{\sin 2\varphi'}{2 \cos \varphi'^2}$ die Verbesserung, wenn Tycho's und Cassini's Beobachtungen mit einander verglichen werden.

Nach Tycho's Beobachtungen[1] ist $\varphi = 5^{\circ}\,57'\,0''$, $\varphi' = 5^{\circ}\,57'\,0''$, $\log \cos \varphi' = 9{,}9975$, $\log \tan \varphi' = 9{,}0191$, $\log \sin \varphi = 9{,}0166$.

Nach Hevel's Beobachtungen[2] ist $\varphi = 5^{\circ}\,57'\,0''$, $\varphi' = 5^{\circ}\,57'\,0''$, $\log \cos \varphi' = 9{,}9975$, $\log \tan \varphi' = 9{,}0191$, $\log \sin \varphi = 9{,}0166$.

[1] Astr. Instaur. Mechan. S. 70. Tychon. Observat. Progymn. S. 1.

[2] Machin. Coelest. Pars Prior. S. 1.

chiedenen Metallen und andern Körpern in der Gestalt von quadratischen Prismen an, die auf gleiche Weise mit eingesenkten Thermometern versehn waren, deren eines Ende aber durch eine untergesetzte Lampe erwärmt wurde. Die Barren waren alle von gleichen Dimensionen, die Seite des quadratischen Querschnittes betrug 21 Millim., die 10 Centimeter von einander abstehenden Vertiefungen hatten 6 Millim. Durchmesser und reichten bis zu einer Tiefe von $\frac{2}{3}$ des Durchmessers der Barren hinab. Vor allen Dingen wurde gesorgt, dafs der Stand der Thermometer sich nicht mehr veränderte, welches 3 Stunden, der ganze Versuch aber 6 Stunden Zeit erforderte[1], und nicht hinder dafür, dafs die äufsere Temperatur sich nicht veränderte.

Kupfer. Aeufsere Temperatur 17°,08 C.

1	Thermometer	zeigte	83°,44.	Ueberschufs	66°,36
2	—	—	63,36	—	46,28
3	—	—	49,70	—	32,62
4	—	—	41,40	—	24,32
5	—	—	35,71	—	18,63
6	—	—	33,26	—	16,18

Die Abstände der Thermometer bildeten eine arithmetische Reihe, die Abnahmen der Temperaturen eine geometrische, worin eine Bestätigung des *Newton'schen Gesetzes* liegt. Die Quotienten der auf einander folgenden Gröfsen sind = 1,4; 1,4; 1,4.

Eisen. Aeufsere Temperatur 13°,02 C.

1	Thermometer	zeigte	75°,92.	Ueberschufs	62°,90
2	—	—	49,71	—	36,69
3	—	—	33,54	—	20,52
4	—	—	25,34	—	12,32
5	—	—	21,21	—	8,19
6	—	—	19,63	—	6,61

Paris 1825. 8. p. 195. Später Ann. de Chim. et Phys. T. XXXVI. p. 422. Poggendorff's Ann. XII. 281.

1 Es ist bei diesen Versuchen zu bedauern, dafs die Barren nicht hinlänglich lang waren, um den Einfluss der Erwärmung auf die entferntesten Thermometer = 0 zu machen.

Digitized by Google

Zinn. Aeufsere Temperatur 17°,34 C.

1	Thermometer	zeigte	80°,75.	Ueberschufs	63°,41
2	—	—	52,51	—	35,17
3	—	—	38,86	—	21,52
4	—	—	32,36	—	15,52

Zink. Aeufsere Temperatur 5°,62 C.

1	Thermometer	zeigte	69°,76.	Ueberschufs	64°,17
2	—	—	43,64	—	38,02
3	—	—	31,05	—	25,43
4	—	—	23,55	—	17,93

Blei. Aeufsere Temperatur 17°,12 C.

1	Thermometer	zeigte	82°,25.	Ueberschufs	65°,13
2	—	—	46,54	—	29,42
3	—	—	32,05	—	14,93
4	—	—	27,11	—	9,99

Marmor. Aeufsere Temperatur 17°,15 C.

1	Thermometer	zeigte	81°,06.	Ueberschufs	63°,91
2	—	—	23,23	—	6,08
3	—	—	19,10	—	1,95
4	—	—	18,62	—	1,47

Despretz bemerkt, dafs nur bei gut leitenden Substanzen und solchen von homogener Beschaffenheit ihrer Theile die Abnahmen der Wärme eine geometrische Reihe bilden. Für Blei, als einen schlechten Leiter, sind daher die Quotienten $\frac{65,13}{29,42} = 2,21$; $\frac{29,42}{14,93} = 1,97$; $\frac{14,93}{9,99} = 1,49$; für Marmor $\frac{63,91}{6,08} = 10,51$; $\frac{6,08}{1,95} = 3,12$; $\frac{1,95}{1,47} = 1,32$. Das Newton'sche Gesetz würde also für solche Körper nicht gültig seyn. Es scheint mir jedoch, als seyen zuvor noch wiederholte und sehr genaue Versuche erforderlich, ehe wir diese Behauptung für gegründet annehmen, um so mehr, als sie mit den durch Bischof erhaltenen Resultaten (§. 254) nicht im Einklang steht. Je schlechter ein Körper leitet, desto längere Zeit wird erfordert, ehe die Thermometer stationär werden, und hierin, wie auch in der nicht genügenden Länge der Barren scheint der Grund der bemerkten Anomalie zu liegen. Auf jeden Fall

Digitized by Google

ist es nicht wahrscheinlich, dafs dieses Gesetz nicht mindestens für Blei statt finden sollte, da Despretz dasselbe sogar beim Wasser bestätigt fand (§. 291) und die durch De la Rive und Decandolle selbst für Holz nach den Längenfibern erhaltenen Gröfsen nicht sehr davon abweichen (§. 297). Für Barren der nämlichen Substanz, aber von ungleichen Dicken, fand Despretz das Gesetz, dafs die Entfernungen von der Wärmequelle, wo die Thermometer eine gleiche Temperatur erhalten, den Quadratwurzeln der Durchmesser proportional sind, woraus hervorgeht, warum man einen dünnen Draht so wenig entfernt von einer Stelle, wo er glüht, mit den Fingern halten kann. Despretz hat aus seinen Versuchen folgende *relative Leitungsfähigkeiten* gefunden, indem er zur Berechnung die von Fourier entnommene Gleichung anwandte, wonach das Wärmeleitungsvermögen $k = \frac{1}{(\text{Log. } x)^2}$ ist, x aber aus der Gleichung $\frac{x^2+1}{x} = q$ bestimmt wird, in welcher q der Quotient aus der Division der Summe zweier Ueberschüsse durch den zwischenliegenden Ueberschufs ist.

Gold	10000	Zinn	3039
Platin	9810	Blei	1796
Silber	9730	Marmor . . .	236
Kupfer . . .	8982	Porcellan . . .	122
Eisen	3713	Ziegel und Ofenmasse	114
Zink	3630		

Die Hölzer fand er so schlecht leitend, dafs er keine Versuche auf die angegebene Weise damit anzustellen vermochte.

296) N. W. Fischer[1] erhebt einige nicht ungegründete Zweifel gegen die hier gefundene Reihenfolge der Metalle, namentlich dafs das Gold obenan steht und noch mehr wegen des Ortes, den das Platin einnimmt, welches über das Kupfer gesetzt wird. Ingenhouss (§. 293) setzt das Gold dem Zinne gleich, und ähnliche Versuche, welche Fischer selbst, nur nicht mit reinem, sondern mit gewöhnlich legirtem Golde anstellte, geben diesem den Rang unter dem Kupfer, dem Platin aber den

1 Poggendorff's Ann. XIX. 507.

Rang unter allen von ihm geprüften Metallen. Die hierbei angewandte Methode bestand theils darin, dafs dünne, einander gleiche Streifen der Metalle gleichzeitig zwischen den Fingern gefafst und mit dem einen Ende in eine Weingeistflamme gehalten wurden, um die erhaltene Hitze durch das Gefühl mit Rücksicht auf die ungleiche Entfernung der Stelle, wo sie berührt werden konnten, zu schätzen, theils dafs die Streifen mit Wachs überzogen in siedendes Wasser getaucht wurden, um das Leitungsvermögen aus der Höhe, bis zu welcher der Ueberzug in gleichen Zeiten schmolz, zu entnehmen[1]. Nach den durch letzteres Verfahren erhaltenen Resultaten bilden die Metalle folgende Reihe: Silber, Kupfer, Gold, Palladium, Platin.

297) Den Genfer Gelehrten August de la Rive und Alphons Decandolle ist es gelungen, das Gesetz der Wärmeleitung einiger Holzarten nicht blofs im Allgemeinen, sondern auch mit Rücksicht auf die Richtung ihrer Fasern, ob dieselben nach der Länge oder nach ihrem Querschnitt leiten, mit grofser Genauigkeit aufzufinden[2]. Sie bedienten sich hierzu paralleler

---

1 Fischer setzt das durch Ingenhouss gewählte Verfahren dem durch Despretz angewandten weit nach, aber, wie mir scheint, mit Unrecht. Allerdings kann das *Gesetz der Wärmefortpflanzung* nur durch letzteres gefunden werden, allein dann müssen die Versuche so angestellt werden, wie durch Biot geschah, denn eine constante Temperatur der Wärmequelle und hinlängliche Länge der Barren, um bis zum Nullpuncte der Fortpflanzung zu messen, sind unerläfsliche Bedingungen, deren erste mit einer Flamme, die mit ungleicher Intensität brennt, durch den Luftzug hin und her bewegt wird und der Bedingung des neben ihr aufsteigenden Luftzuges unterliegt, nicht zu erreichen steht. Aufserdem mufsten, wie bereits bemerkt worden ist, die Versuche weit länger fortgesetzt werden, als durch Despretz geschah, um des stationären Standes der Thermometer mit Gewifsheit versichert zu seyn. Handelt es sich dagegen blofs um die Auffindung des relativen Leitungsvermögens, so verdient die ältere Methode offenbar den Vorzug, wie aus den mechanischen Gesetzen der Bewegung unwiderleglich folgt. Inzwischen müssen die Stangen alle gleich dick und hinlänglich lang, zugleich auch mit einem gleichen geeigneten Ueberzuge bedeckt seyn, um die Strahlung zu beseitigen, und das Eintauchen mufs in heifses Oel geschehn, um eine neue nachtheilige Bedingung durch den Einfluss der Dämpfe zu vermeiden.

2 Mémoires de la Soc. de Phys. de Génève. T. IV. p. 70. Bibl.

Digitized by Google

Amphibien, 23 Familien, Anguis, 6 Familien, Amblyodus und Typhlops, 2 Familien, Ophidier, 7 Familien, Crocodilus, 2 Familien, Chelonier, 3 Familien, Testudo, Trionyx, Chelys und Sphargis, 1 Familie, Batrachier, 5 Familien, Salamandra, Proteus, Menopoma, Siren, Amphiuma, Cryptobranchus, Menobranchus, Axolotes, Pipa, Rana, Bufo, Hyla, Dactylethra, Pelobates, Pelodytes, Alytes, Bombinator, Discoglossus, Xenopus, Phryniscus, Rhinoderma, Ceratophrys, Engystoma, Hemiphractus, Nototrema, Cystignathus, Dendrobates, Phyllobates, Hylodes, Phryniscus, Breviceps, Pseudis

Hölzer	Quotienten 1ste	2te	3te	4te
Weifsdorn. Längenfibern	1,84	1,20	2,30	2,10
Nufsbaum	1,86	2,19	2,13	1,79
Eiche	1,98	2,35	2,43	1,94
Tanne	2,10	2,30	1,90	2,40
Pappel	2,33	2,40	2,30	2,22
Nufsbaum. Querfibern	2,66	2,84	2,20	1,80
Eiche	3,50	3,00	2,10	1,50
Tanne	5,10	3,00	1,40	1,30
Kork	5,70	3,90	2,20	1,56

Man sieht hieraus, dafs das logarithmische Gesetz auf Höl nicht anwendbar ist, zugleich aber, dafs die Hölzer nach d Längenfibern bessere Leiter sind, als nach den Querfibern, we wegen sie auch leichter die Wärme des Bodens, als die d äufsern Umgebung annehmen.

298) Bei dieser Untersuchung des Fortpflanzungsvermöge der Wärme in verschiedenen Körpern müssen wir noch ei eigenthümliche Erscheinung erwähnen, die wohl noch nicht a definitiv entschieden gelten kann. Es wird oft als aus gemei nen Erfahrungen entnommen betrachtet, dafs Metallstange überhaupt länglich geformte Metallmassen, als Löffel, Drähte Barren u. s. w., wenn sie am einen Ende stark, bis zum Glühe erhitzt oder wirklich glühend gemacht und mit diesem Ende i kaltes Wasser getaucht werden, am andern eine höhere Wärm zeigen, als wenn man sie in der Luft erkalten läfst[1]. Aus drücklich wurde der Satz ausgesprochen durch N. W. Fi SCHER[2], welcher als Thatsache erwähnt, dafs die Fortpflan zung der Wärme von dem erhitzten Ende aus nach den ent fernten Stellen bei weitem schneller erfolgt, wenn dieses Ende

1 Ich glaube mich zu erinnern, dafs MEISNER die Thatsach durch einen Versuch mit zwei Eisenstangen bestätigt gefunden hab indem er beide einander gleiche auch gleichmäfsig erhitzte, die ein in Wasser tauchte, die andere an der Luft erkalten liefs, und di erste wegen grofser Hitze fallen lassen mufste, die andere aber läng ger zwischen den Fingern halten konnte.

2 Poggendorff's Ann. XIX. 513.

…t in der Luft, durch eine Flüssigkeit, besonders durch Wasser, …ekühlt wird. Man kann, heifst es, diese überraschende Er…einung sehr leicht wahrnehmen, wenn ein Platin- oder Sil…löffel so lange erhitzt wird, bis der in der Hand gehaltene …iel eben warm zu werden anfängt und man Wasser in den …ffel gieſst, wobei sich die Wärme so schnell mittheilt, dafs …r Löffel nicht mehr gehalten werden kann. Am besten mufs …r Löffel nicht so stark erhitzt seyn, dafs der Leidenfrost'sche …rsuch eintritt. Mousson[1] erwähnt die Sache als bekannt, …rachtet sie aber nicht als eine Folge der Leitung, sondern …ubt, das schnelle Erkalten bewirke eine Compression und …zeuge hierdurch Wärme. Hiernach müfste die schnell abge…hlte äufsere Hülle die eingeschlossenen Theile zusammen…ssen und dadurch Wärme erzeugen, allein da gleichzeitig …ärme abgegeben wird, mithin die vorhandene nur die Diffe…z der erzeugten und abgegebenen seyn könnte, diese aber …e der immerhin langsamen Fortpflanzung bis zum entfernte…n Ende sich mehr der nächsten Umgebung mittheilen müfste, …erscheint diese Erklärung auf jeden Fall als sehr unwahr…einlich. Auf die einfachen Gesetze der Wärmeleitung läfst …h das Phänomen ebenso wenig zurückbringen, denn durch …ühlung des unteren Endes, welches unwidersprechlich mit …gabe von Wärme verbunden ist, müfste letztere sich zum …tze nach dieser Stelle hinziehn, es würde also das Gegen…l erfolgen, und fände daher die Thatsache wirklich statt, …müfste sie in einer eigenthümlichen Beschaffenheit der Wär…, deren Verhalten uns in vielen andern Beziehungen noch …enig bekannt ist, gegründet seyn. Bei der Versammlung …Naturforscher zu Freiburg 1838 hielt H. Schröder über …es Problem einen Vortrag[2], worin er angab, dafs er auf die …stelle eines einfachen Antimon-Wismuth-Elements, wel…mit einem empfindlichen Thermogalvanometer verbunden …Metalle von verschiedener Länge und Form gelöthet habe, …a Enden er mit einer Aeolipile erhitzte, bis die vollkom…nstatische Nadel bei einer gewissen Ablenkung stationär …urden war. Ward dann das erhitzte Ende plötzlich abge…, so mufste die Nadel noch mehr abweichen, allein dieses

1 Poggendorff's Ann. XLIII. 410.
2 Ebendaselbst XLVI. 135.

erfolgte nie, vielmehr ging die Nadel stets auf die gewöhnliche Weise in Folge der Abkühlung zurück. Diese Versuche wurden mit Kupfer, Eisen, Zink und Messing von den verschiedensten Gestalten angestellt und führten daher zu dem Resultate, dafs die aufgestellte Behauptung, die ursprünglich auf der Aussage der Metallarbeiter, namentlich der Schmiede beruht, ungegründet sey. Poggendorff bemerkt in einer Anmerkung, dafs Crahay[1] in das Ende einer eisernen Stange ein Loch bohrte, Quecksilber hineingofs und in dieses eine Thermometerkugel senkte, am Thermometer aber nie ein Steigen bemerkte, wenn das andere Ende der Stange nach dem Erhitzen schnell abgekühlt wurde, weswegen er selbst die Behauptung für genügend widerlegt hält. Auch Böttger[2], welcher noch in Freiburg dieses merkwürdige Verhalten für Silber in Schutz nahm, gelangte nachher durch genaue Versuche mit Platin, Kupfer, Eisen, Neusilber, Palladium und Silber gleichfalls zu einem negativen Resultate. Uebrigens liegt die Ursache der Täuschung nicht fern. Man erwartet, dafs durch das Eintauchen des erhitzten Endes in Wasser das andere Ende gleichfalls erkaltet werden und ein schnell merkbares Sinken der Temperatur bemerkbar werden müsse, glaubt dann aber eine Vermehrung der Wärme, wenn das andere Ende des Metalls eine Temperaturerhöhung zeigt, die übrigens vermöge des langsamen Fortschreitens der Wärme ohnehin eingetreten sein würde. Ein einfacher Versuch, wenn man die einen Enden zweier ganz gleicher Kupferdrähte in geringer Entfernung von einander zwischen die Finger nimmt, ihre andern Enden dicht neben einander in einer Weingeistlampe gleichmäfsig erhitzt und dann, wenn man die beginnende Wärme empfindet, das Ende des einen Drahtes ins Wasser taucht, zeigt deutlich, wie leicht diese Täuschung eintrete, denn anfangs glaubt man wirklich an die Erscheinung, bei der Wiederholung hört dies aber auf.

3) Durchleitung der Wärme durch verschiedene Körper.

Wenn es sich um die Untersuchung der Gesetze handelt, nach denen die Wärme durch den leeren Raum oder durch

1 Quetelet's Correspond. math. et phys. T. VI. p. 324.
2 Poggendorff's Ann. L. 60.

zwischenliegende Körper hindurchgeleitet wird, so sieht man bald, dafs dabei zugleich das Abgeben oder Aufnehmen der Wärme von gegebenen Körpern in Betrachtung kommt, worüber unter *Strahlung* bereits gehandelt worden ist, nicht minder das Verhalten der Körper, durch welche die Wärme strömt, welches unter *Fortpflanzung* näher untersucht wurde; die Erscheinungen der Durchleitung lassen sich daher nur insoweit von den bisher untersuchten trennen, als dabei nicht blofs das Verhalten der Körper, welche Wärme aufnehmen und abgeben, in Betracht kommt, sondern auch die Bedingungen, welche in dieser Beziehung durch den zwischenliegenden Raum oder die zwischenliegenden Körper herbeigeführt werden.

a) Durchleitung der Wärme im Allgemeinen.

299) Die Wärme wird am leichtesten und schnellsten von einem Körper zum andern übergehn, wenn die zwischenliegende Materie sie am begierigsten aufnimmt, durch ihre Masse am schnellsten durchläfst und am leichtesten wieder abgiebt. Indem also das Fortpflanzungsvermögen der zwischenliegenden Körper vorzugsweise bedingend mitwirkt, begreift man leicht, warum die Erscheinungen der Fortpflanzung und Durchleitung oft von den Physikern nicht getrennt wurden und auch nicht füglich scharf gesondert werden können. Nicht minder kommt aber hierbei der Uebergang der Wärme von der Oberfläche des einen Körpers in die des andern in Betrachtung, worüber bereits oben (1, γ, §. 269) in Beziehung auf einzelne merkwürdige Erscheinungen geredet worden ist. Aufser der vielfach versuchten Strahlung liegen hierüber nur wenige Versuche vor, unter welchen verdient die meiste und vorzüglichste Berücksichtigung, was Fourier[1] zur Ermittelung der hierbei sich zeigenden Gesetze gethan hat. Er schlägt hierzu das sogenannte *Conductivthermometer* vor, welches mir in seiner ursprünglichen einfachen Gestalt am geeignetsten zu seyn scheint. Hiernach besteht dasselbe aus einem konischen Gefäfse A A von dünnem Messingblech (besser wohl von Glas) mit einer in dem Falze g g aufgebundenen, nicht dicken Haut. Das Gefäfs wird mit Quecksilber gefüllt und in dieses vermittelst eines Korkes 11 ein Fig. 57.

[1] Ann. de Chim. et Phys. T. XXXVII. p. 291. Poggendorff's Ann. XIII. 327.

feines Thermometer eingesenkt, auf dessen Scale sich no Zehntel eines Grades unterscheiden lassen. Es gehört da ferner eine Unterlage D, welche aus einer willkürlichen Su stanz, etwa aus Marmor oder der genaueren Berührung weg aus einer Lage Quecksilber, bestehn kann, da es nur auf un sich vergleichbare Resultate ankommt. Auf diese Unterlage w das dünne Plättchen gelegt, dessen Fähigkeit, die Wärme a zunehmen, untersucht werden soll, und beide, die Unterl sowohl, als auch dieses Plättchen, werden auf constanter Te peratur, am besten der des Zimmers, erhalten. Alsdann erwä man das Contactthermometer bis etwa 46° oder 47° C., l es einige Grade, etwa bis 45°, herabgehn, setzt es auf Plättchen und zeichnet die Zeiten und zugehörigen Ther metergrade auf, bis es zu einem gewissen Puncte erkaltet Vorzugsweise dient dieses Instrument, um das relative L tungsvermögen verschiedener Substanzen zu untersuchen, z der Metalle, Steine, Hölzer u. s. w., die dann in dick Massen unmittelbar als Unterlage dienen, um das Contactth mometer darauf zu setzen. Zur Vergleichung ist erforder dafs für jeden Versuch die zu prüfenden Körper sowohl, auch das Contactthermometer gleiche Temperaturen haben dafs die Temperatur des zu prüfenden Körpers der der u benden Luft gleich sey. Für diesen Fall wird das Leitu vermögen ϱ durch die Formel

$$\varrho = \frac{1}{\Theta}\left[\text{Log.}(\alpha' - \text{m}) - \text{Log.}(\alpha - \text{m})\right]$$

gefunden, worin α die anfangs, α' die nach der Zwisc zeit Θ gemessene Temperatur, m aber die Wärme der terlage bezeichnen. Es reicht also hin, dafs man α u beobachte und die Differenz zwischen den gemeinen L rithmen von $\alpha - \text{m}$ und $\alpha' - \text{m}$ durch die Zwischenze dividire, um den Werth von ϱ zu finden. Am bequemst es, für die erste Beobachtung der Gröfse $\alpha - \text{m}$ einen chen Werth, z. B. 40° C., und für Θ eine fixe Dauer, 10 Minuten, anzunehmen und dann $\alpha' - \text{m}$ zu beobac Die Werthe von $\alpha' - \text{m}$, welche nach der Natur der stanzen verschieden sind, lehren direct und ohne Rechnun Reihe der specifischen Leitungsfähigkeiten kennen. Zwar die erhaltenen Werthe nur genäherte, wenn man sich die gabe stellt, das eigentliche physische Verhalten der Körp

Digitized by Google

Subjekt, da sie das Vorgehen in solcher subjektiven Weise nicht kennen. Sie sind nicht Subjekte, sondern Objekte. Sie sind Objekte in dem Sinne, daß sie Objekte der Erkenntnis sind, nicht aber in dem Sinne, daß sie Objekte der Erkenntnis wären als Subjekte derselben. Sie sind Objekte, weil sie Objekte der Erkenntnis sind, aber sie sind nicht Objekte, weil sie Subjekte sind. Sie sind Objekte, obgleich sie das Vorzug besitzen, sich auch zu Subjekten machen zu können. Sie sind Objekte, weil sie Objekte sind, und sie sind Objekte, weil sie Subjekte sind.

Dieses absurde Verhältnis, welches Kant, Fichte, Schelling, Hegel und Schopenhauer in ihren Systemen aufstellen, ist nur dadurch möglich, daß sie das Subjekt, welches sie in sich selbst finden, auf andere Menschen übertragen, daß sie also, indem sie Subjekte sind, dies Subjekt bei Anderen nicht finden, sondern es auf Andere übertragen, daß sie also, indem sie Subjekte sind, Objekte sehen, daß sie, indem sie Objekte sind, Subjekte sehen, daß sie, indem sie Subjekte sind, Objekte sind, daß sie, indem sie Objekte sind, Subjekte sind

weitere Aehnlichkeit beider wird am Ende dieses Abschnitts zur Sprache kommen. Als nächste Folge dieser Eigenthümlichkeit bei der Wärmeleitung ist zu betrachten, dafs Wasser in Gefäfsen mit siedendem Wasser nicht zum Sieden gebracht wird, eine Erscheinung, auf die zuerst Richmann[1] aufmerksam machte, welcher zugleich fand, dafs auch bei andern Flüssigkeiten ein Thermometer in einem Gefäfse, welches in ein anderes Gefäfs mit derselben Flüssigkeit eingetaucht ist, mehr die Temperatur zeigt, als dasjenige, welches in die äufsere Flüssigkeit eingesenkt ist. Parrot[2] fand bei seinen Untersuchungen über das Leitungsvermögen der Flüssigkeiten diese Erfahrung bestätigt und bauet auf diese und andere ähnliche den Schlufs, dafs die Körper um so weniger gute Wärmeleiter sind, je mehr sie aus heterogenen Theilen bestehen. Dieser Satz ist sehr wahr und läfst sich dahin erweitern, dafs man das Wärmeleitungsvermögen der Körper nicht blofs von Heterogeneität ihrer Bestandtheile, sondern auch der Lockerheit ihres Gefüges umgekehrt proportional setzen kann. In gewisser Beziehung kommt Beides auf das Nämliche hinaus, denn die lockeren Körper sind in der Regel solche, in deren Zwischenräume sich Luft oder Gasarten befinden und die man daher auch als aus heterogenen Bestandtheilen zusammengesetzt betrachten kann. Wir werden in den folgenden Erörterungen diese Thatsache vielfach bestätigt finden.

301) Sollen die Körper nach ihrem zunehmenden Leitungsvermögen geordnet werden, so steht der leere Raum, der schlechteste Leiter voran, ja nach Gay-Lussac[3] ist im absoluten Vacuum gar keine Wärme vorhanden. Zu dieser Behauptung kam er durch eine Reihe von Versuchen, bei denen er in das obere Ende einer langen Glasröhre ein sehr empfindliches Thermometer einkittete und diese in eine gröfsere mit Quecksilber gefüllte, einsenkte. Befand sich in der engen Röhre unter der Thermometerkugel ein durch Quecksilber herzustellendes Torricelli'sches Vacuum und wurde dasselbe durch schnelles tieferes Eintauchen in das Quecksilber der

1 Nov. Comm. Petrop. T. IV. p. 246. T. XII. p. 289.

2 G. XVII. 391.

3 Mém. de la Soc. d'Arcueil. T. I. p. 191. Ann. de Chim. et P. T. XIII. p. 304.

Digitized by Google

Ihm Alles verziehen, da sein Verschulden, so lange ich ihn kannte, nur in Uebereifer bestand. Ich hatte ihn gebeten, mir Nachricht zu geben, wenn er Ruhe gefunden, und so kam denn Mohan, der Barde, eines Tages mit dem Bescheide, daß er sich nun ganz wohl fühle, und daß er mich bitte, ihn zu empfangen. Ich ließ ihn sofort eintreten, und er erschien, nachdem er sich dreimal tief verneigt hatte, mit gefalteten Händen vor mir, um mir seine Reue auszudrücken. Ich sagte ihm, daß ich ihm Alles verziehen habe, und daß er mir nichts zu sagen brauche, was ihn bedrücke. Er aber wollte nicht eher gehen, bis er mir Alles gebeichtet hatte, und so erfuhr ich denn, daß er, als er mich in Kabul nicht gefunden, sich sofort nach Kandahar begeben habe, um mich dort zu suchen. Dort hatte er mich auch nicht gefunden, aber er hatte Nachricht von mir erhalten, und so hatte er denn Kandahar allmählig in seinem Rücken gelassen, bis er mich in Ghasni gefunden hatte. Dort hatte er sich aber nicht lange aufgehalten, sondern war sofort weiter gegangen, bis er mich in Kelat-i-Ghilzai

Dulong und Petit über das Erkalten im leeren Raume und i verschiedenen durch umgebende Hüllen eingeschlossenen Ga arten, wobei zwar zunächst die Ausstrahlung der Wärme b rücksichtigt, die Wärme aber dabei zugleich durch den Rau geleitet und der äufseren Hülle mitgetheilt wurde, komm hier noch einige in Betrachtung, die sich zunächst auf d Durchgang der Wärme durch den leeren Raum und die L beziehen. Dahin gehören vorzüglich die älteren, schon im 1785 angestellten des Grafen Rumford[1]. Dieser schlofs Kugel eines feinen Thermometers in eine Glaskugel ein, w che entweder mit Luft gefüllt oder durch Verbindung mit ei hinlänglich langen Glasröhre und Anfüllen derselben mit aus kochtem und heifs eingegossenem Quecksilber luftleer gema und dann zugeschmolzen worden war. Diese Apparate erkält er in Eiswasser, hielt sie dann in siedendes und bemerkte Zeit des Erwärmens bis 80° R., oder er verfuhr umgeke Folgende Tabelle enthält die Resultate.

Erreichte Wärme nach Reaum.	Zeit für die lufterfüllte Kugel.		Zeit für die luftleere Kugel.	
18°,0	0′	00″	0′	00″
27,0	0	45	1	30
34,4	1	00	—	—
44,9	2	10	4	20
48,2	2	40	5	00
56,2	4	00	—	—
60,9	5	00	—	—

Bei zwei ähnlichen Apparaten betrug die Zeit der Erwärm von 0° bis 80° R. für die luftleere Kugel im Ganzen 10′ für die mit Luft erfüllte 7′ 35″ im Mittel aus zwei Versuc die Zeit des Erkaltens von 70° bis 10° R. aber, bei Umk rung des Verfahrens, für die luftleere Kugel 16′ 10″, für lufterfüllte 9′ 45″. Als die Kugeln bei folgenden Versu nicht in Eiswasser, sondern in trockner Luft von 70° R. 30° erkalteten, betrug die hierzu erforderliche Zeit für die l leere Kugel 10′ 12″, für die lufterfüllte 6′ 11″. Um das L tungsvermögen der Torricelli'schen Leere mit möglichster

1 Essays Ess. VIII. T. II. p. 389. G. V. 288.

Digitized by Google

fernung anderer leitenden Medien zu erforschen, hing Rumford ein sehr kleines Thermometer an einem sehr feinen Seidenfaden in einem länglichen Glasbehälter auf, machte letzteren mittelst Quecksilbers luftleer und untersuchte den Durchgang der Wärme durch den leeren Raum, unter Voraussetzung, dafs das Seidenfädchen nicht alle Wärme leiten könne. Auch hierbei zeigte sich das sehr geringe Leitungsvermögen des luftleeren Raumes, verglichen mit dem des lufterfüllten. Vermittelst ähnlicher Apparate, als die zuerst beschriebenen, untersuchte Rumford ferner das relative Leitungsvermögen der feuchten Luft, des Quecksilbers und des Wassers und erhielt folgende Zeiten des Erwärmens von 0° bis 70° R.:

Torricelli'sches Vacuum	10	Min.	53	Sec.
Luft von atmosphärischer Dichtigkeit . . .	7	—	36	—
Luft von 0,25 atmosphärischer Dichtigkeit	7	—	37	—
Luft von 0,0417 atmosphärischer Dichtigkeit	7	—	51	—
Mit Wasserdampf gesättigte Luft	1	—	51	—
Wasser	1	—	57	—
Quecksilber			36	—

Werden hiernach die Leitungsfähigkeiten geordnet, so erhält man folgende Verhältnisse:

Quecksilber	1000
feuchte Luft	330
Wasser	313
gemeine Luft	80,41
verdünnte Luft	80,25
mehr verdünnte Luft	78
Torricelli'sche Leere	55

303) Es schliefsen sich hieran zunächst die oben unter *Strahlung* (§. 258) bereits erwähnten Versuche von Rumford und Senebier, aus denen sich ergiebt, dafs sehr lockere Körper noch schlechtere Wärmeleiter als selbst die trockne Luft sind. Dieses läfst sich leicht erklären, wenn man berücksichtigt, dafs, so wie die Schallwellen, auch die Wärme in ihrer Bewegung am meisten verzögert wird, wenn sie in vielfachen Wechseln von besseren Leitern, den festen Theilen lockerer Aggregate, zu den schlechteren, den zwischenliegenden Luftschichten, und von diesen wieder zu den festen

Theilchen übergehn mufs. Erfahrungen, welche dieses bestätigen, giebt es in Menge. Schon Aristoteles[1] bemerkt, dafs man Flüssigkeiten unter Asche länger warm erhalten könne, als frei stehend; auch bedecken die Landleute den Rest der glimmenden Kohlen des Abends mit Asche, um sie am andern Morgen in diesem Zustande wiederzufinden. Hierauf beruht das Umbinden der Bäume und das Bedecken der Pflanzen mit Stroh, um gegen die Winterkälte zu schützen, ferner der Vorzug der Strohdächer, welche im Winter mehr erwärmen und im Sommer kühler erhalten, als Stein- oder Metalldächer, weswegen sie oder dicke Holzbedeckungen bei Eiskellern allein anwendbar sind. Eis und Schnee sind schlechte Wärmeleiter, weswegen man beim Mangel des letzteren die mit Stroh bedeckten Kellerlöcher gegen strenge Kälte schützt, indem man das Stroh mit einer möglichst dicken Eiskruste überzieht, welche leicht zu erhalten ist, wenn man Wasser darüber gieſst. Hierin liegt auch die Ursache, warum die Flüsse nur in der Polarzone bis auf den Grund gefrieren, das Eis aber in den höchsten Polargegenden nur langsam an Dicke zunimmt und nie über 10 bis höchstens 12 Fufs erreicht, denn die aus dem unten sich ansetzenden Eise entbundene Wärme durchdringt nur langsam die bereits gebildete Kruste. Der Schnee schützt bekanntlich die Vegetabilien im Winter gegen die Zerstörung durch Kälte, auch gräbt sich das Wild Höhlungen in Schnee und die Jäger schützen ihre Füfse durch tiefen Schnee, worin sie stehn, gegen das Erfrieren, der tiefen Schneehöhlen nicht zu gedenken, worin die Bewohner des höchsten Nordens überwintern. Merkwürdig aber ist, dafs das feste Eis die Wärme schlechter leitet, als der lockere Schnee, denn Ross fand auf seiner bekannten Expedition, dafs 12 Fufs tiefer Schnee die Kälte so stark zurückhält, als 7 F. dickes Eis, und liefs daher Wasser über die Schneewände der aus Segeltuch gemachten Winterwohnung zu Boothia-Felix gieſsen, um sie mit einer Eiskruste zu überziehn. Die so gemachten Wände zwischen 7 bis 9 Fufs, das Dach zwischen 4 bis 6 Fufs dick, widerstanden der Kälte, bis das Quecksilber gefror. Der Wind trocknete den Schnee beim Fallen so aus, dafs er wie Staub

1 Problemat. Sect. XXIV.

2 Narrative of a second Voyage in search of a North-West Passage ect. Lond. 1835. 4. App. p. CIX.

Digitized by Google

umherflog; wo er aber aufgehäuft lag, verwandelte er sich in eine feste Masse, so dafs sich Stücke, wie Quadersteine, daraus hauen und zu einem Walle aufhäufen liefsen.

304) Im hiesigen Cabinette befindet sich ein sogenannter Richmann'scher Apparat, vermittelst dessen sich das ungleiche Durchleitungsvermögen auf eine sehr einfache Weise anschaulich machen läfst. Derselbe besteht aus 8 cylindrischen Gefäfsen, 2,5 Z. hoch, 1,5 Z. weit, mit gleichen 1,25 Lin. dicken Wandungen. Sie bestehn aus Kupfer, Messing, Zinn, Blei, Marmor, Elfenbein, Holz, Sohlenleder, und in ein jedes derselben hängt der Cylinder eines Thermometers herab, deren acht von ganz gleicher Beschaffenheit neben einander an einer Querstange aufgehangen sind. Diese Cylinder, welche in einem länglichen Kasten stehn, werden mit Wasser von gleicher Temperatur zu gleichen Höhen angefüllt, alsdann gieſst man in den Kasten heifses Wasser und mifst nach gleichen Zeitintervallen die durch die Thermometer angezeigten Temperaturen. Hierbei zeigt sich allerdings ein bedeutender Unterschied des Durchleitungsvermögens, eigentliche wissenschaftliche Versuche habe ich aber noch nicht damit angestellt.

305) Noch läfst sich hier ein Phänomen anreihen, welches mir seit langer Zeit aus den Erzählungen mancher Köchinnen bekannt war, von den Physikern aber bisher unbeachtet und daher ungeprüft blieb. Wenn man einen irdenen Topf mit flachem Boden und ohne Füfse, worin das Wasser über dem Feuer stark siedet, rasch entfernt und sogleich auf die Hand setzt, so zeigt das Gefühl dessen Boden zwar warm, aber nicht heifs; bald aber scheint die Wärme, namentlich beim Aufhören des Siedens, von oben wieder herabzukommen, und man mufs ihn der Hitze wegen von der Hand entfernen. Lange glaubte ich, es sey dieses blofs bei einem irdenen Gefäfse der Fall, eigene und fremde Versuche haben mich aber überzeugt, dafs auch metallene sich auf gleiche Weise verhalten. Neuerdings ist dieses Phänomen, und zwar in Beziehung auf metallene Gefäfse, durch Jacquemyns[1] zur Sprache gebracht worden; eine zur Prüfung ernannte Commission war geneigt zu glauben, die Sache beruhe auf einer Täuschung, sofern die Berührung der

1 Bulletin de la Soc. de Bruxelles 1835. T. III. p. 113 u. 322.

Digitized by Google

Hand zu kurze Zeit dauernd sey, um ihr eine genügend Menge Wärme mitzutheilen, und es sey daher blofs scheinba dafs die Wärme der Bodenfläche nach einiger Zeit vermeh werde, da vielmehr die Empfindlichkeit der Hand durch di längere Dauer wachse. Hiergegen läfst sich, so leicht auch Täu schungen dann möglich sind, wenn statt eigentlicher Messun das blofse Gefühl entscheidet, wie das oben (§. 298) erwähnt Phänomen zeigt, dennoch mit Grunde einwenden, dafs hier nach auch die Seitenwandungen eines Gefäfses mit siedende Wasser anfangs von geringerer und dann von vermehrter Tem peratur zu seyn scheinen müfsten, was jedoch nie bemerk wurde. Ist aber die Thatsache wirklich begründet, wie daraus zu folgen scheint, dafs sie von den Mitgliedern der prüfende Commission nicht in Abrede gestellt wurde, so stehn ihrer Er klärung keineswegs unüberwindliche Schwierigkeiten entgege Die Theorie, namentlich wie sie in den tiefgelehrten Un tersuchungen von Fourier, Poisson, Libri, Cauch und Andern durchgeführt worden ist, nimmt in Bezie hung auf die Durchleitung der Wärme an, dafs der Wär mestoff in einem Zeitelemente ein gewisses Element d Raumes im gegebenen Körper durchlaufe. Denken w uns, dafs dieses auch im vorliegenden Falle geschehe, wird dieser Procefs bedeutend dadurch gesteigert, dafs die a dem Boden des Gefäfses heraustretende Wärme sogleich vo Wasser aufgenommen und im gebildeten Dampfe schnell for geführt wird, die nachfolgende Wärmeschicht mufs daher, w beim Ablöschen eines Körpers im Wasser, schnell nachrücke und so fort, bis zur äufseren Bodenfläche, die ihre Wärm vom Feuer erhält. Wird dann die Quelle der in schneller Be wegung begriffenen Wärme plötzlich entfernt, so hört die Be wegung derselben nicht sofort auf, wie das noch einige Ze fortdauernde Sieden zeigt, und es mufs daher in den untern Schichten des Bodens eines mit siedendem Wasser gefüllte Gefäfses ein momentaner Mangel entstehn, bis das heifse Was ser seine Wärme denselben wieder abgiebt.

Google

β) Besonderes Verhalten der Durchleitung, Diathermanie, Diathermansie, Polarisation.

306) Bei den bisher untersuchten Phänomenen erschien uns die Wärme stets als etwas Bewegtes, dessen Verhalten, obgleich durch die eigenthümliche Beschaffenheit der Körper bedingt, sich doch im Ganzen auf die allgemeinen Bewegungsgesetze zurückführen liefs. Namentlich war dieses der Fall bei den zuletzt erörterten Erscheinungen der Durchleitung, insofern hierbei zunächst nur die gröfsere oder geringere Leichtigkeit in Betracht kam, womit die Wärme die verschiedenen Körper gleichsam durchströmt. Neuerdings hat man aber mehrere Eigenschaften der Wärme wahrgenommen, insbesondere bei der Vergleichung der sogenannten leuchtenden und dunkeln Wärmestrahlen bei ihrem Durchgange durch verschiedene Körper, die uns wohl berechtigen, so wie beim Lichte, auch bei der Wärme eine Polarisation anzunehmen. Diese kann jedoch, wie bei den Lichtstrahlen, so auch bei den Wärmestrahlen, nicht anders statt finden, als wenn sie in transparente Medien eindringen und von diesen theils zurückgeworfen, theils durchgelassen werden. Nach der herrschenden Meinung wird angenommen, dafs die Wärmestrahlen, welche die intensiven Lichtstrahlen der Sonne begleiten, mit diesen frei durch transparente Körper dringen und letztere selbst gar nicht oder nur unbedeutend erwärmen, weswegen man auch Brennlinsen von Eis zu verfertigen vermag. Dabei blieb aber fraglich, ob die dunkleren Wärmestrahlen, z. B. vom Küchenfeuer und sonstigen glühenden Körpern oder auch von ganz dunklen erhitzten, transparente Körper durchdringen. Dafs dieses bei sehr hellleuchtenden der Fall sey, hatte ich selbst einst Gelegenheit wahrzunehmen, indem die Hitze eines mehrere hundert Fufs entfernten, in vollen Flammen stehenden grofsen Hauses durch die gefrorenen und nicht davon aufthauenden Fensterscheiben im Innern des Zimmers von den Zuschauern sehr merklich wahrgenommen wurde. Inzwischen ist unlängst bekannt, dafs minder helle Wärmestrahlen mit zunehmender Dunkelheit transparente Körper weniger durchdringen, bis zum gänzlichen Verschwinden des Durchganges bei ganz dunkeler und wenig intensiver Wärme. Mariotte[1] behauptete zuerst, dafs die

1 Traité de la nature des couleurs. Par. 1686. T. II. Introd.

Digitized by Google

Zweifel über Adalbert Stifter ist, daß dies nur teilweise der Fall ist. Stifter ist ein Dichter, der sich nicht in die Karten sehen läßt. Er ist Dichter, ist Künstler, ist Gestalter, ist Schöpfer, ist ein Wirklichkeit erzwingender, ein Phantasie gebärender Mensch, aber er ist nicht Philosoph, nicht Gelehrter, nicht Forscher, nicht Wissenschaftler. Er ist ein Mensch, der sich nicht in die Karten sehen läßt, ist ein Mensch, der sich nicht in die Karten sehen läßt, weil er sich selbst nicht in die Karten sehen kann. Er ist ein Mensch, der sich nicht in die Karten sehen kann, weil er sich selbst nicht in die Karten sehen will. Er ist ein Mensch, der sich nicht in die Karten sehen will, weil er sich selbst nicht in die Karten sehen darf. Er ist ein Mensch, der sich nicht in die Karten sehen darf, weil er sich selbst nicht in die Karten sehen soll. Er ist ein Mensch, der sich nicht in die Karten sehen soll

mals in Anwendung gebracht durch Delaroche[1], nach des-
en Versuchen mit Hohlspiegeln und bei Anwendung von Ge-
äfsen mit heifsem Quecksilber oder von stark erhitzten ku-
fernen Kugeln die Strahlen eines etwa bis zur Siedehitze des
Wassers erwärmten Körpers das Glas nicht durchdringen, wohl
ber in einem zunehmenden Grade, wenn die Temperatur des
trahlenden Körpers bedeutend wächst, fast ungeschwächt aber,
enn sie leuchtend sind, in welchem Falle bekanntlich die das
icht durchlassenden Körper selbst um so weniger erwärmt
erden, je transparenter sie sind. Noch auffallender aber ist
e von ihm gemachte Bemerkung, dafs die dunkelen Wärme-
trahlen, welche bereits durch eine Glasscheibe gedrungen sind,
im Durchgange durch eine zweite nicht gleichen, sondern
eit geringeren Verlust erleiden, welches er wohl nicht mit
echt eine Art *Polarisation* nennt. Dagegen aber vermin-
rt die Dicke der transparenten Körper die Menge der durch-
lassenen dunklen Strahlen sehr, denn eine Scheibe gemeinen
lases von 1,7 Millim. Dicke liefs deren weit mehr durch,
s eine 9 Millim. dicke von sehr klarem Glase. Schon früher
t Leslie[2] den Einfluss transparenter Schirme auf die durch-
henden dunklen Wärmestrahlen untersucht, später verfolgte
r diese Aufgabe noch weiter[3] und gelangte mit Brewster zu
hnlichen Resultaten, als die von Delaroche gefundenen. Die
nannten Gelehrten sind, wie auch insbesondere Biot, ge-
igt, einen Uebergang der Wärme zum Lichte anzunehmen,
elcher indefs nach diesen Erscheinungen ein allmäliger seyn
lifste, so dafs das langsamer sich bewegende, nicht mehr
chtende Licht die Eigenschaft, transparente Körper zu durch-
ngen, noch in einem gewissen Grade nach dem bereits be-
nnenen Uebergange zur Wärme beibehielte.

307) Diese Hypothese eines allmäligen Ueberganges des
chts in Wärme durch verminderte Geschwindigkeit der Be-
gung hat in sich nichts Empfehlendes, denn die Geschwin-
igkeit des intensiven Lichts der Sonne und der Fixsterne hat

1 Journ. de Physique. Ann. 1812. T. LXXVII. p. 201. Vergl.
. XLVI. 378. Biot Traité T. IV. p. 638. Annals of Phil. T. II.
. 163.

2 Inquiry into the Nature of Heat. p. 162.

3 Philosoph. Trans. 1816. P. I. prop. 40.

Digitized by Google

mit dem von den Jupiterstrabanten blofs reflectirten schwa gleiche Geschwindigkeit und beide durchdringen die trans renten Körper auf gleiche Weise, das oft vorgebrachte Ar ment nicht zu erwähnen, dafs nach dem Aufhören der Leuchten erzeugenden Undulationen des Lichtäthers letzt ruhend und unbewegt zurückbleibt und also, wenn d Ruhe bei Nacht wirklich eintritt, von selbst in Wärme üb gehn müfste. Ohne dieses gewichtige Argument ausdrück zu erwähnen, ist Powell[1] geneigt, zwei verschiedene Wär principe anzunehmen, deren eins mit dem Lichte verbun seyn und dieses begleiten, das andere sich einfach als dun Wärme verhalten soll. Um hierüber ins Klare zu kommen, genü nach seiner Ansicht nicht, blofs den Durchgang der Wärme d Schirme zu untersuchen, sondern man mufs dabei zugleich die W kung der Flächen berücksichtigen, sofern sie die strahl Wärme leichter aufnehmen und ausstrahlen. Hiernach gla er auf dem Wege der Erfahrung zur Entscheidung zu ge gen, ob die durch transparente Schirme durchgelassene Wä identisch mit derjenigen sey, die durch die Beschaffenheit Oberflächen afficirt wird. Zu diesem Zwecke wählte er Mittel, den verschiedenen heifsen und leuchtenden Körpern a Thermometer auszusetzen, das eine mit einer glatten schw zen Kugel, das andere mit einer absorbirenden weifsen, Verhältnifs ihres Afficirtwerdens zu messen und mit dem gen zu vergleichen, welches sich nach dem Zwischenbri eines transparenten Schirmes herausstellt. Von seinen be Thermometern war das eine mit Kalk geweifst, das an mit Tusch geschwärzt; sie wurden entweder frei aufgeha oder in einem Kasten, welcher durch transparente Schirme Glas verschlossen war. Um die Strahlung des Schirmes a zuschliefsen, sofern dieser durch die angewandten hei Körper erwärmt werden und somit die Thermometer glei falls steigen machen mufste, erwärmte Powell diesen über die Temperatur, die er in jedem Versuche anna mafs seinen Effect für sich allein auf die Thermom und zog diese Gröfse von den gefundenen Werthen ab;

---

1 Philos. Trans. 1825. p. 187. Auch in New Annals of Ph T. VIII. p. 181. T. IX. p. 359 u. 401. Vergl. Edinburgh Journ. Science. New Ser. N. VI. p. 297.

d by Google

Ende der Vierzigerjahre zählte man in Venedig nur fünfzig Familien, die ein Einkommen von mehr als 100 000 Lire besaßen, und nur zwei, die mehr als 200 000 Lire besaßen. Im Jahre 1848 gab Graf Leo Thun dem Kaiser Ferdinand I. eine Übersicht über die Einkommen der Adeligen in Böhmen, Mähren und Schlesien. Es gab 1 Fürsten mit 1 Million, 2 mit 500 000, 3 mit 400 000, 1 mit 300 000, 4 mit 200 000 Gulden. Alle Angaben der weiten Welt, welche durch Reisende, Gesandte, Konsuln, Kaufleute, Bankiers und Gelehrte zusammengetragen wurden, ergeben, daß die Einkommen der Fürsten, Grafen und Barone, welche in Europa ansässig sind, durchaus geschätzt wurden. Ihre Einkommen sind nicht bedeutend.

Ein Fürst, Graf oder Baron, welcher ein Einkommen von 100 000 Gulden besitzt, ist ein reicher Mann. Ein Einkommen von 200 000 Gulden ist ein großes Vermögen. Ein Einkommen von 500 000 Gulden ist ein Reichtum, welcher nur wenigen Familien zukommt. Ein Einkommen von 1 Million Gulden ist ein Reichtum, welcher nur einigen Familien zukommt. Ein Einkommen von mehr als 1 Million Gulden ist ein Reichtum, welcher nur wenigen Familien zukommt.

erhitzt, ohne jedoch sichtbar zu glühen, so drang allerd etwas Wärme durch den Glasschirm. Demnächst wandt ein Photometer mit sehr dünnen Glaskugeln an, deren durchsichtig gelassen, die andere aber an der einen Hälfte schwärzt war. Es zeigte sich, dafs die dunkleren Wär strahlen nicht durch das Glas drangen, war aber die ei Kugel stärker, jedoch nicht bis zum sichtbaren Glühen erh so sank die Flüssigkeit in der einen Röhre des Photome weil die durch die ungeschwärzte Hälfte der zugehörigen K gel dringenden Wärmestrahlen von der andern hintern au fangen wurden. Endlich wandte er auch sinnreich flüs Schirme an, indem er in einen vierkantigen Rahmen durchkreuzende feine Fäden ausspannte und zwischen il dünne Scheiben von Eiweifs bildete, womit er sie mittelst nes feinen Pinsels überzog; sie gaben die nämlichen Resul als die Glasschirme, woraus zugleich hervorgeht, dafs auch strahlende Wärme durch Flüssigkeiten dringt.

309) Minder sich beziehend auf die Durchlassung Wärmestrahlen durch Glas, als vielmehr auf eigentliche P risation derselben sind die Untersuchungen von Berard[1], cher hauptsächlich bezweckte, die durch Herschel in A gung gebrachte ungleiche erwärmende Kraft der verschie farbigen Lichtstrahlen genauer zu prüfen und zu untersuc ob auch die mit den Sonnenstrahlen vereinten Wärmestra der durch Malus neuentdeckten Polarisation unterworfen se Zuerst liefs er die Sonnenstrahlen durch ein Prisma von is dischem Doppelspath in zwei Theile getrennt werden, und wahrte, dafs in jedem der beiden Farbenbilder die Wi gleichmäfsig vom Violett zum Roth zunahm, woraus er folgert, dafs auch Wärmestrahlen polarisirt werden, da das der beiden Farbenbündel ein polarisirtes ist. Um zu ermitt ob auch die dunklen Wärmestrahlen polarisirt werden, verb er mit dem zweiten Spiegel der nach Malus's Angabe ein richteten Polarisationsmaschine einen metallenen Hohlspiegel dessen Focus die Kugel eines feinen Thermometers angebr war, so dafs beim Drehen des zweiten Spiegels um den di

---

1 Annales de Chim. et Phys. 1813. Mars. G. XLVI. 376. An of Philos. T. II. p. 164. Hauptsächlich bekannt aus Biot Traité Phys. T. IV. p. 602.

Digitized by Google

Kinder zahlreicher, liederlicher oder ins Gefängnis Kom-
mender Eltern. Die Kinder werden in Familien gegeben, die
sich dazu bereit erklären, sie wie ihre eigenen Kinder zu
behandeln, regel. bis, mit 16 Jahren. Die Kinder
werden in Familien gegeben, die sich dazu bereit erklären, sie
wie ihre eigenen Kinder zu behandeln, regel. bis, mit 16 Jahren.
Kinder, die in Familien gegeben werden, sollen nicht
Kinder dieser Familien sein, die Verwalter oder verheira-
tete Leute sein, die keine Kinder haben, oder Leute, die
Kinder haben, sollen nicht mehr als 2 Kinder annehmen

lichste Satz, welchen Melloni[1] daher aufstellt, heifst: di Durchsichtigkeit ist nicht die einzige Eigenschaft, welche da Durchlassen der Wärmestrahlen bedingt, sondern die eigen thümliche Beschaffenheit der Körper bewirkt, dafs einige leich ter, andere schwerer von den Wärmestrahlen durchdrunge werden, und wenngleich dieser Unterschied mit der Zunahm der Intensität der Wärmequelle abnimmt, so verschwindet dadurch doch nicht gänzlich. Zu den Messungen bediente sich eines empfindlichen Thermomultiplicators, und damit wi es ihm allerdings möglich, die geringsten Unterschiede d Temperaturen noch wahrzunehmen. Auf diese Weise fand die bereits (§. 71) erwähnte Abnahme der Temperatur i Spectrum, vom Maximum an nach beiden Seiten hin, wo durch dann die *isothermischen Zonen* entstehn, deren La jedoch mit der Verschiedenheit der Prismen wechselt. W hiervon die Ursache sey, geht sehr evident aus einem interes santen Versuche hervor. Er liefs die Farbenstrahlen eines dur ein Kronglasprisma gebildeten Spectrums durch eine etwa ei Linie dicke, zwischen zwei sehr dünnen und klaren Glasche ben eingeschlossene Wasserschicht fallen, untersuchte die Wi me der einzelnen farbigen Strahlen und der dunklen isothe mischen Zonen vor dem Durchgange und nach dem Durc gange durch diese Wasserschicht, und fand, dafs sie in Fo dieses Durchganges ungleiche Verluste erlitten. Um die Gr dieser Verluste leichter zu überblicken, dient die folgende T belle, worin die durch die Multiplicatornadel gezeigten

---

dabei aber immer, ob es nicht eine so geringe verschwindende D beider Substanzen giebt, bei welcher einige, wenn auch nur wen dunkle Wärmestrahlen durchfallen. Dieses wird aus den Versuch Ritchie's und auch aus den allgemeinen, durch Melloni erhalten Resultaten mindestens sehr wahrscheinlich.

1 Annales de Chim. et Phys. T. XLVIII. p. 385. Poggendor Ann. XXIV. 640. Die Resultate dieser und der nächstfolgenden handlung Melloni's sind vollständig mitgetheilt und einer mathem sehen Bearbeitung unterworfen in dem von Biot verfafsten Berie der vom Institute ernannten Mitglieder der Commission zur näh Prüfung der Sache, bestehend aus Biot, Arago und Poisson. drei sahen die Versuche und Biot insbesondere war anhaltend Th nehmer derselben. Der Bericht findet sich in Mém. de l'Institut XIV., übers. in Poggendorff's Ann. XXXVIII. 1. XXXIX. 250. 544.

Digitized by Google

dann corrigirten Wärmegrade angegeben sind, wobei es indefs überflüssig schien, diese wieder auf die Grade einer bestimmten Thermometerscale zu reduciren.

Zone des Wärmespectrums	Temperaturen vor dem Durchgange durch Wasser	nach dem Durchgange durch Wasser	Unterschiede	Verlust in Hundertsteln der ursprünglichen Temperatur
Violett	2	2,0	0,0	0,00
Indigo	5	4,5	0,5	0,10
Blau	9	8,0	1,0	0,11
Grün	12	10,0	2,0	0,17
Gelb	35	25,0	10,0	0,28
Orange	47	27,0	20,0	0,42
Roth	58	25,0	33,0	0,57
erste dunkle Zone	47	14,0	33,0	0,70
zweite — —	35	9,0	26,0	0,74
dritte — —	12	3,0	9,0	0,75
vierte — —	9	1,0	8,0	0,88
fünfte — —	5	0,5	4,5	0,90
sechste — —	3	0,0	2,0	1,00

311) Melloni[1] hat das ungleiche Durchlassungsvermögen er verschiedenen Körper für Wärme noch weiter untersucht, dem er die Strahlen einer Argand'schen Lampe der Reihe nach urch 2 Millim. dicke Schichten derselben fallen liefs, wobei ich noch auffallender zeigte, dafs die am meisten diaphanen Körper nicht zugleich die meiste Wärme durchlassen[2], wes-

1 Aus Berzelius Jahresbericht N. XIII. in Poggendorff's Ann. XVIII. 371.

2 Berzelius berichtet bei dieser Gelegenheit, dafs Gottlieb Gahn einen in dieser Beziehung interessanten Versuch seinen Freunden oft zu zeigen pflegte. Er concentrirte die Strahlen eines hellen Kohlenfeuers durch eine klare Glaslinse und liefs den Brennpunct auf die Hand fallen, wobei viel Licht, aber wenig Wärme wahrnehmbar war; wenn er aber statt des klaren Brennglases ein anderes durch Braunstein fast zur Undurchsichtigkeit violett gefärbtes anwandte, war der Brennpunct wenig glänzend, die Hand aber mufste wegen der grofsen Hitze augenblicklich weggezogen werden. Mit Melloni's soeben zu erwähnenden Versuchen stimmt dieses nicht überein, doch

wegen er die Körper in letzterer Beziehung *diathermane* nennt Die von ihm untersuchten Körper nebst der Angabe der Wärmemengen, welche durch sie hindurch fielen, zeigt folgende Tabelle.

Steinsalz, klar . . .	92	Nufsöl, gelb	31
Flintglas, klar . . .	67	Olivenöl, grüngelb	30
Schwefelkohlenstoff, klar	63	Rüböl, gelb	30
		Aquamarin, bläulich	29
Chlorschwefel, roth-braun	63	Borax, halbklar . .	28
		bras. Turmalin, grün	27
Kalkspath, klar . .	62	Copaivabalsam, dun-kelgelb	26
Bergkrystall, klar .	62		
Rauchtopas, braun .	57	Adular, klar, aderig	24
Topas, bras. klar .	54	Schwefeläther . . .	21
kohlens. Blei, klar .	52	Gyps, klar	20
Kronglas	49	Schwefelsäure . . .	17
Achat, weifs, durch-scheinend	35	Salpetersäure	15
		Alkohol	15
Schwerspath, halb-klar	33	Citronensäure . . .	15
		Alaunkrystall . . .	12
Terpentinöl, farblos	31	Wasser	11

Bei einigen dieser Körper steht ihre *Diathermanie*[1] (von δι durch und θερμαίνω ich erhitze) in gleichem Verhältnifs mit ihrem Refractionsvermögen, allein dieses ist keineswegs bei allen der Fall, auch ist es bei den krystallisirten gleichgültig in welchem Verhältnifs zu ihrer Krystallisationsaxe sie geschnitten sind. Auffallend zeigt sich aber, dafs die Durchsichtigkeit auf die Diathermanie keinen durchaus bedingenden Einfluss habe, denn Melloni liefs aus einem Rauchtopas eine 4 Millim. dicke Scheibe verfertigen, die so undurchsichtig war, dafs man bei vollem Tagslichte kaum eine darunter liegende

---

erklärt es sich genügend aus denen, die wir später namhaft machen werden.

1 Statt Diathermanie sagt man auch *Diathermanität*, allein jener Ausdruck scheint mir den gebräuchlichen Regeln der Wortbildung angemessener zu seyn, und er hat aufserdem den Vorzug der Kürze und gröfseren Uebereinstimmung mit dem verwandten: *Diathermasie*, weswegen ich beide ausschliefslich gebrauche.

Digitized by Google

ihre Buchstaben schwarz lassen, und diejenigen, die sie für Weiß halten, ausschneiden. Sie werden sehen, daß sie nicht mehr lesen können, als wenn sie alle Buchstaben ausgeschnitten hätten. Ich bin überzeugt, daß sie sich nicht einmal die Mühe geben werden, die Buchstaben zu suchen, die sie für Weiß halten, sondern daß sie sich begnügen werden, die schwarzen zu lesen, und

reits beschrieben worden ist, die übrigen Theile aber keiner nähere Beschreibung bedürfen. Als ein besonderer sehr grofser Vor zug dieses Instrumentes vor andern Thermometern wird jedoc mit Recht durch Melloni und Forbes hervorgehoben, dafs i in so unglaublich kurzer Zeit auf sein Maximum kommt. Vo allen Dingen war erforderlich, die vermöge der Strahlung durc die Körper dringende Wärme von der durchgeleiteten zu tren nen. Die hierfür von Pictet, Prevost, Ritchie und De Laroche angewandten Methoden sind bereits erwähnt worden sie waren für Melloni's Vesuche nicht geeignet, und wählte daher eine andere, indem er die zu untersuchenden Kö per in diejenige Entfernung vom Thermomultiplicator brach in welcher die ohnehin schwache und langsame Durchleitu ein Minimum wird, d. h. er stellte den diathermanen Schir in die Mitte zwischen die Wärmequelle und den Thermom tiplicator[1]. Es ergab sich übrigens aus den Versuchen sel evident, dafs die das Thermoskop afficirende Wärme blofs vermöge der Strahlung durch die Schirme dringende war, de die Nadel bedurfte bei jeder Art von Schirmen die nämli Zeit, um stationär zu werden, nämlich 1,5 Minuten; fer bewegte sich die Nadel gar nicht, wenn die Strahlen du eine geschwärzte Glasscheibe oder Kupferscheibe aufgefan wurden, und auch dann nicht, wenn die ungeschwärzten Gl scheiben eine hinlänglich lange Zeit in gleichem Abstande abgesondert stehenden Wärmequelle ausgesetzt und dann den Thermomultiplicator an die gewöhnliche Stelle gest wurden, wie nothwendig hätte geschehn müssen, wenn von ihnen ausströmende Wärme auf das Thermoskop zu wi

---

1 Ist a der Abstand der Wärmequelle vom Thermomultiplicat x der Abstand des Schirms vom Thermomultiplicator und i die I tensität der Wärmequelle, so hat man unter der bekannten Voraus setzung, dafs die Intensität der Strahlung dem Quadrate der Ent nung umgekehrt proportional ist, für die Strahlen auf der Vord fläche des Schirms $\frac{i}{(a-x)^2}$ und für die Hinterfläche $\frac{ei}{(a-x)^2}$, w e die Leitungsfähigkeit des Schirmes bezeichnet. Es ist dann fe nach eben diesen Principien die Strahlung von der Hinterfläche Schirms gegen das Thermoskop: $\frac{ei}{x^2(a-x)^2}$, und um hierfür das nimum y zu finden, mufs man das Differential der Gleichung nehm Man erhält dann

Digitized by Google

ten vermöchte[1]. Hiermit noch nicht zufrieden, da es hauptsächlich auf den Beweis ankam, dafs auch die Strahlen der dunklen Wärme die Körper durchdringen, was bis dahin geleugnet worden war, stellte Melloni[2] die thermoelektrische Säule so, dafs ihre Oeffnung einem direct auf sie einfallenden, durch eine Platte durchgefallenen Strahlencylinder ausgesetzt war. Rückte er dieselbe seitwärts, so nahm die Wirkung ab und verschwand gänzlich, sobald sie aus diesem Strahlencylinder gekommen war, selbst wenn er sie seitwärts der Platte näherte und letztere durch Umdrehung um ihre verticale Axe in eine Lage brachte, vermöge welcher sie der Oeffnung der Säule zugekehrt durch die eigene Wärme auf diese einwirken mufste. Eine Hauptsache war aber, das Verhältnifs der die Nadel ablenkenden Kräfte zu den durchlaufenen Bogen zu finden, welches bei jedem Apparate verschieden ist. Es ergab sich, dafs für den von Melloni gebrauchten bis zu 20 Graden die Kräfte den Bogen direct proportional sind, was eine Folge seiner eigenthümlichen Windungen ist; für die übrigen erhielt er folgende Werthe:

Grade	Kräfte	Grade	Kräfte	Grade	Kräfte
20°	20,0	29°	33,4	38°	55,4
21	21,1	30	35,3	39	58,5
22	22,3	31	37,4	40	61,9
23	23,7	32	39,6	41	65,5
24	25,1	33	41,8	42	69,3
25	26,6	34	44,1	43	73,2
26	28,2	35	46,7	44	78,0
27	29,9	36	49,5	45	83,2
28	31,6	37	52,4		

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \frac{2ci(2x-a)}{x^3(a-x)^3},$$

welches $= 0$ gesetzt die Gröfse $2x - a = 0$ giebt. Hieraus folgt $x = \frac{1}{2}a$, der Schirm mufs sich also in der Mitte zwischen der Wärmequelle und dem Thermomultiplicator befinden.

1 Wenn man die Langsamkeit des Fortganges der nicht strahlenden Wärme durch die Luft berücksichtigt, wie sie oben nachgewiesen worden ist, so kann man nicht wohl auf die Idee kommen, dafs von der auf den Schirm fallenden und ihn durchdringenden Wärme ein Theil von seiner Hinterfläche durch die Luft zum Thermomultiplicator geleitet seyn sollte.

2 Poggendorff's Ann. XXXVII. 206.

Digitized by Google

Beiläufig möge, wegen der Wichtigkeit der Versuche, noc bemerkt werden, dafs die beiden Enden der thermoelektrische Säule jede eine quadratische Fläche von 4,24 Centim. bildete sie bestand aus 27,5 Paaren von Wismuth – und Antimonstäben, 3 Millim. lang, 2,5 breit und 1 Millim. dick. Um den Einflu der eigenen Wärme der zu untersuchenden Schirme auf die kür zeste Weise zu entfernen, wurden zwei gleiche gewählt un auf gleichen Gestellen in gleiche Entfernung vor beide Ende der thermoelektrischen Säule gestellt, wodurch die Nadel sic auf 0 einstellte. Als Wärmequelle ist eine Argand'sche Lamp mit gereinigtem Oele am besten anwendbar, deren Wärme zw Stunden lang unverändert bleibt. Um die Intensität dies Wärmequelle stets gleich zu erhalten, wurde die Lampe ohn irgend einen Schirm in solche Entfernung gestellt, dafs d Nadel bis 30 Grad abwich; zur Ausscheidung sonstiger Stral len diente ein grofser, in der Mitte durchbohrter, vor d Oeffnung der thermoelektrischen Säule gestellter Metallschirm aufserdem aber war vor beiden Oeffnungen noch ein kupfern Schirm angebracht; es bedurfte demnächst nur, dafs ei Lampe von der andern Seite der Säule die Nadel wieder auf zurückführte, und dann beide Schirme angebracht wurden, u den Nullpunct der Säule herzustellen und in kurzen Zeitfrist zu neuen Versuchen überzugehn, indem sonst das Gleichg wicht zwischen beiden Enden nur nach längerer Zeit wied hergestellt wird.

313) Die erste Untersuchung bezog sich auf den *Einflu der Oberfläche*, und es ergab sich, dafs auf gleiche Wei als das Licht, auch die Wärme am leichtesten durch gla Oberflächen dringt. Es ging dieses aus Versuchen mit 8 a einer und derselben Scheibe geschnittenen, gleich dicken Sch men von Spiegelglas hervor, deren Oberflächen einen Uebergan von der gröfsten Rauheit bis zur feinsten Politur bildeten. D Ablenkungen der Nadel, deren Gröfse ohne die Schirme 3 also corrigirt 35°,3 betrug, war der Reihe nach 5°,38; 6°, 8°,66; 12°,58; 14°,79; 17°,42; 18°,79; 19°,15. Die Result des ersten Versuchsreihe über den *Einfluſs der Dicke* diath maner Körper sind bereits (§. 311) erwähnt worden; wichti noch sind diejenigen, welche mit gereinigtem Rüböl erhal wurden, weil die zunehmend dickeren Schichten dieser Fl sigkeit von weit homogenerer Beschaffenheit waren, als

Digitized by Google

Eine gebackene Semmel, z. B. 50 gr, enthält 25 Gramm Kohlehydrate, 2,5 Gramm Eiweiß und 0,5 Gramm Fett, 1 Gramm Kleie von gröberen Getreidearten, wie Roggen, ist in einer Kleie mit feinerer Textur, wie Weizenkleie, enthalten 0,5 Gramm Kohlehydrate, 0,2 Gramm Eiweiß und 0,1 Gramm Fett, 1 Gramm Weizenmehl enthält 0,8 Gramm Kohlehydrate, 0,1 Gramm Eiweiß und 0,01 Gramm Fett. Gramm Gemüse mit Ausnahme von Kartoffeln, Mohrrüben, Rote Rüben, Schwarzwurzeln, Spargel, Artischocken, Kohlrabi, Sellerie, Zwiebeln, Lauch, Knoblauch, Schalotten, Kürbis, Tomaten, Pilze, Rhabarber, Oliven, Sauerkraut enthalten 3 Gramm Kohlehydrate, 1 Gramm Eiweiß und 0,1 Gramm Fett.

Eine Tasse Milch enthält 10 Gramm Kohlehydrate, 3 Gramm Eiweiß und 3 Gramm Fett.

Ein Ei enthält 0,5 Gramm Eiweiß und 5 Gramm Fett.

Eine Tasse Kaffee oder Tee enthält 0,5 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Butter enthält 0,1 Gramm Eiweiß und 5 Gramm Fett.

Ein Teelöffel Öl enthält 5 Gramm Fett.

Ein Teelöffel Zucker enthält 5 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Honig enthält 4 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Marmelade enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Mehl enthält 3 Gramm Kohlehydrate, 0,3 Gramm Eiweiß und 0,03 Gramm Fett.

Ein Teelöffel Reis enthält 3 Gramm Kohlehydrate, 0,3 Gramm Eiweiß und 0,03 Gramm Fett.

Ein Teelöffel Grieß enthält 3 Gramm Kohlehydrate, 0,3 Gramm Eiweiß und 0,03 Gramm Fett.

Ein Teelöffel Sago enthält 3 Gramm Kohlehydrate, 0,3 Gramm Eiweiß und 0,03 Gramm Fett.

Ein Teelöffel Tapioka enthält 3 Gramm Kohlehydrate, 0,3 Gramm Eiweiß und 0,03 Gramm Fett.

Ein Teelöffel Stärkemehl enthält 3 Gramm Kohlehydrate, 0,3 Gramm Eiweiß und 0,03 Gramm Fett.

Ein Teelöffel Haferflocken enthält 3 Gramm Kohlehydrate, 0,3 Gramm Eiweiß und 0,03 Gramm Fett.

Ein Teelöffel Hülsenfrüchte enthält 3 Gramm Kohlehydrate, 0,3 Gramm Eiweiß und 0,03 Gramm Fett.

Ein Teelöffel Nudeln enthält 3 Gramm Kohlehydrate, 0,3 Gramm Eiweiß und 0,03 Gramm Fett.

Ein Teelöffel Kartoffeln enthält 3 Gramm Kohlehydrate, 0,3 Gramm Eiweiß und 0,03 Gramm Fett.

Ein Teelöffel Mohrrüben, Rote Rüben, Schwarzwurzeln, Spargel, Artischocken, Kohlrabi, Sellerie, Zwiebeln, Lauch, Knoblauch, Schalotten, Kürbis, Tomaten, Pilze, Rhabarber, Oliven, Sauerkraut enthält 1 Gramm Kohlehydrate, 0,1 Gramm Eiweiß und 0,01 Gramm Fett.

Ein Teelöffel Obst enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Nüsse enthält 0,3 Gramm Eiweiß und 3 Gramm Fett.

Ein Teelöffel Mandeln enthält 0,3 Gramm Eiweiß und 3 Gramm Fett.

Ein Teelöffel Kakao enthält 3 Gramm Kohlehydrate, 0,3 Gramm Eiweiß und 0,03 Gramm Fett.

Ein Teelöffel Schokolade enthält 3 Gramm Kohlehydrate, 0,3 Gramm Eiweiß und 0,03 Gramm Fett.

Ein Teelöffel Bier enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Wein enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Likör enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Schnaps enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Sekt enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Champagner enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Limonade enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Sodawasser enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Mineralwasser enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Kognak enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Rum enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Arrak enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Whisky enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Gin enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Absinth enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Bitter enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Wermut enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Vermouth enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Cognac enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrand enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandverschnitt enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischung enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnitt enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischung enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnitt enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischung enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnitt enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischung enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnitt enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischung enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnitt enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischung enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnitt enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischung enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnitt enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischung enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnitt enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischung enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnitt enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischung enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnitt enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischung enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnitt enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischung enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnitt enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischung enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnitt enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischung enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnitt enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischung enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnitt enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischungsverschnittmischung enthält 3 Gramm Kohlehydrate.

Ein Teelöffel Weinbrandmischungsverschnitt

achtung von Delaroche, dafs die durch eine erste Glasschei durchgegangenen Wärmestrahlen eine folgende mit weit geri gerem Verluste durchdringen, wurde durch Melloni bestäti denn die Abweichungen der Nadel nach dem Zwischenbring eines bis zu vier Glasschirmen waren 21°,62; 18°,75; 17°,1 15°,90. Wird hierbei die Gesammtmenge der Strahlen dur 1000 ausgedrückt, so erhält man folgende Gröfsen:

Zahl der Schirme	Strahlen durchgelassene	Strahlen aufgefangene
1	619	381
2	531	469
3	484	516
4	460	540

und die Quotienten der Verluste, wenn die jedesmal vorhand Menge als Einheit betrachtet wird, sind

0,381; 0,134; 0,087; 0,058.

Es findet also noch für die vierte Scheibe ein Verlust statt, Gröfse desselben vermindert sich aber zunehmend, was um auffallender ist, da die dunklen Wärmestrahlen um so weni das Glas durchdringen, je geringere Intensität der Hitze besitzen.

314) Zunächst richtete Melloni seine Bemühungen die Beantwortung der Frage, welchen *Einfluſs die Durchsi tigkeit* und *die eigenthümliche Beschaffenheit der Kö* auf die Durchleitung der Wärmestrahlen ausübe, denn frü Versuche deuteten zwar schon auf eine Ungleichheit dieses Dur strahlungsvermögens bei verschiedenen Körpern, auch waren k genügenden Thatsachen vorhanden, dasselbe der Durchsichtig derselben direct proportional anzunehmen, es fehlte aber n gänzlich an genauen, unter sich vergleichbaren Resultaten. nachfolgenden Versuche dienen dazu, dieses wichtige Prob aufzuklären. Um aus den zu untersuchenden Flüssigke geeignete Schirme zu bilden, liefs Melloni in eine d Glasscheibe mit parallelen Flächen mehrere 2 Cent. Breite 9 Cent. lange Oeffnungen einschneiden, legte auf beiden Se derselben flache Spiegelscheiben an, welche durch einen äufs messingnen Rahmen mit vier Schrauben angedrückt wur

Digitized by Google

und füllte die so gebildeten Räume mit den Flüssigkeiten. Die mit diesen Apparaten erhaltenen Resultate machte er dadurch vergleichbar, dafs er ein Stück der genannten, hierzu genommenen dicken Spiegelscheibe zwischen die beiden bedeckenden Gläser legte und die Lampe so weit näherte, bis die Nadel bei Anwendung dieses Schirmes, in welchem die Glasplatte eine gleiche Dicke, als die Flüssigkeitsschicht besafs, zugleich aber, wie diese, zwischen den beiden Glasplatten lag, welche die Flüssigkeitsschicht begrenzten, eine gleiche Abweichung von 19° zeigte, als wenn sie für sich allein angewandt wurde. Die erhaltenen relativen Gröfsen des Durchleitungsvermögens für strahlende Wärme sind nach den einzelnen Gruppen in folgender Tabelle zusammengestellt.

Substanzen der Schirme.	Ablenkung	Durchfallende Strahlen
1) Farblose Gläser, 1,88 Millim. dick.		
Kein Schirm	30°,00	100
Flintglas von Guinand	22,90	67
— englisches	22,43	65
— französisches	22,36	64
— anderer Art	22,19	64
Spiegelglas	21,89	62
— andere Art	21,10	60
— noch andere Art . . .	20,78	59
Kronglas, französisches	20,58	58
Fensterglas	19,25	54
— andere Art	18,56	52
— noch andere Art . . .	17,83	50
Kronglas, englisches	17,22	49
2) Flüssigkeiten. Dicke 9,21 Millim.		
Spiegelglas	19°,10	53
Schwefelkohlenstoff, farblos . .	21,96	63
Chlorschwefel, stark rothbraun .	21,83	63
Phosphorchlorür, farblos . . .	21,80	62
Chlorkohlenwasserstoff, farblos .	13,27	37
Nufsöl	11,10	31
Terpentinöl, farblos	10,83	31
Rosmarinöl, farblos	10,46	30
Rüböl, gelb	10,38	30
Olivenöl, grüngelb	10,35	30

Substanzen.	Ablenkung	Durchfallende Strahlen
Naphtha, natürliche, schwach braungelb	9°,77	28
Copaivabalsam, merklich gelbbraun	9,39	26
Lavendelöl, farblos	9,28	26
Nelkenöl, schwach gelblich . .	9,26	26
Naphtha, rectificirte, farblos . .	9,10	26
Schwefeläther, farblos	7,59	21
Schwefelsäure, farblos	6,15	17
Nordhäuser Vitriolöl, merklich braun	6,09	17
Ammoniaklösung, farblos . . .	5,47	15
Salpetersäure, farblos	5,36	15
Alkohol, absoluter, farblos . .	5,30	15
Kalihydrat, farblos	4,63	13
Essigsäure, rectificirte, farblos .	4,35	12
Holzsäure, brenzliche, schwach bräunlich	4,28	12
Zuckerwasser, farblos	4,20	12
Alaunlösung, farblos	4,16	12
Kochsalzlösung, farblos . . .	4,15	12
Eiweifs, schwach gelb	4,00	11
Wasser, destillirtes, farblos . .	3,80	11
3) Krystallisirte Körper. Dicke 2,62 Millim.		
Spiegelglas	21°,60	62
Steinsalz, klar	28,46	92
Kalkspath, klar	21,80	62
— andere Art, klar . . .	21,30	61
Bergkrystall, farblos, klar	21,64	62
Rauchtopas, stark braun, klar .	20,25	57
Brasilianischer Topas, farblos, klar	19,18	54
Weifsbleierz, klar	18,35	52
weifser Achat, durchscheinend .	12,48	35
Schwerspath, klar, schielend gestreift	11,72	33
Aquamarin, klar, schwach blau .	10,16	29
Achat, gelber, durchscheinend .	10,10	29
Borax, durchscheinend	9,87	28
Turmalin, grün, klar	9,54	27
Adular, klar, schielend gestreift	8,30	24
Gyps, klar	7,15	20
Flufsspath, klar, schielend gestreift	5,40	15
Citronensäure, klar	5,15	15
Sardonyx, durchscheinend . . .	4,98	14

Digitized by Google

Substanzen.	Ablenkung	durchfallende Strahlen
kohlensaures Ammoniak, klar, schielend gestreift	4°,50	13
weinsaures Kalinatron, klar . .	4,40	12
Alaun, klar	4,36	12
schwefelsaures Kupfer, klar, stark blau	0,0	0
4) Gefärbte Gläser. Dicke 1,85 Millim.		
dunkelviolett	18°,62	53
gelblichroth	18,58	53
purpurroth	18,10	51
lebhaft roth	16,54	47
blafs violett	16,08	45
orangeroth	15,49	44
hellblau	15,00	42
dunkelgelb	14,12	40
schöngelb	12,08	34
goldgelb	11,75	33
dunkelblau	11,60	33
apfelgrün	9,15	26
mineralgrün	8,20	23
sehr dunkelblau	6,88	19

Der blofse Anblick dieser Tabelle zeigt, dafs die Durchlässigkeit der Körper keineswegs ihrer Eigenschaft, die Wärmestrahlen durchzulassen, proportional ist. Um den auffallenden Unterschied in dieser Beziehung zwischen Alaun und Rauchtopas noch weiter zu prüfen, stellte Melloni vergleichende Versuche mit einem 1,5 Millim. dicken, ganz klaren Alaunblättchen und einem polirten, 86 Millim. dicken Rauchtopase an, welcher so dunkel war, dafs er, auf grobe Druckbuchstaben gelegt, diese am hellen Tageslichte nicht erkennen liefs; dennoch gab das Alaunblättchen nur 6°, der Rauchtopas aber 19° Abweichung der Magnetnadel. Inzwischen zeigten sich die Körper, bei denen alles Durchscheinen mangelt, als Metalle, Hölzer und Marmorarten, für Wärmestrahlen ganz undurchdringlich, woraus wieder ein gewisser Zusammenhang zwischen Licht und Wärme hervorzugehn scheint[1]. Bei den Flüssigkeiten

[1] Dafs so viele Wärmestrahlen nach der Tabelle durch helles

fällt meistens die Diathermanie mit dem Brechungsvermögen zu sammen, bei den krystallisirten Körpern ist dieses aber keines wegs der Fall. Vorzugsweise auffallend ist das grofse Wärme durchlassungsvermögen des Steinsalzes in Vergleichung m dem Glase, wie auch ohne künstliche Apparate wahrnehmb ist, wenn man die Strahlen eines Küchenfeuers auf einen Wü fel von Steinsalz und einen ähnlichen von Glas fallen läfst, i welchem Falle der letztere stark erhitzt wird, der erste ab nur unbedeutende Wärme annimmt. Beim Steinsalze ist aufse dem der geringe Einfluſs der Dicke höchst merkwürdig, den bei Schirmen von 2 und von 40 Millim. Dicke zeigte sic kein Unterschied in der Ablenkung der Nadel. Auch bei ei nem Kalkspathstücke von 92 Millim. Dicke ging die Ablen kung nur auf 18 ,5 Millim. herab, da sie bei 2,6 Millim. Dic 21°,8 betrug. Die Richtung gegen die Krystallisationsaxe mach keinen Unterschied, wie sich bei gleich dicken Scheiben Ber krystall zeigte, die in den verschiedensten Richtungen geg diese Axe geschnitten waren.

315) In einer zweiten, gleich ausführlichen Abhandlung prüft Melloni den Einfluſs, welchen die *Ungleichheit d Wärmequelle* auf die Diathermanie der verschiedenen Körp ausübt. Hierbei war erforderlich, die entwickelte Wärme fr und nicht nach ihrem Durchgange durch Glas, wie früher bei Gebrauche der Argand'schen Lampe mit Glasschornstein g schehn war, anzuwenden, weswegen hierzu eine gewöhnlic Lampe mit einfachem Dochte[2], ein schraubenförmig gewu dener, durch eine Weingeistflamme glühend erhaltener Plati draht, ein Kupferhut, welcher über einer Weingeistlampe e constante Temperatur von 390° C. oder in runder Zahl 400°

Glas gehn, scheint mit dem (§. 311 Anm.) angeführten Versuche Gahn im Widerspruch zu stehn; man mufs aber berücksichtigen, eine Argand'sche Lampe eine weit gröfsere Weifse des Lichts hat, ein Küchenfeuer; die starke Diathermanie des Rauchtopases stim übrigens mit jener Erscheinung gut überein.

1 Annales de Chim. et Phys. T. LV. p. 337. Poggendorff's A XXXV. 385. 529.

2 Melloni gebrauchte eine *Locatelli'sche* Lampe; man sieht a aus der Beschreibung, dafs jede gemeine Lampe mit einfachem Doc und ohne Glasschornstein ausreicht, wenn ihre Flamme und daher durch sie erzeugte Wärme lange genug sich gleich bleibt.

Google

mahm, und ein geschwärztes, mit siedendem Wasser gefülltes efäfs von dünnem Kupferblech gewählt wurden. Diese ver-hiedenen Wärmequellen befanden sich stets in einem solchen bstande vom Thermomultiplicator, dafs die Nadel desselben n 30° (corrig. 35°,3) abwich, und die erhaltenen Resultate nd daher unter sich vergleichbar.

316) Eine vorläufige Versuchsreihe war dazu bestimmt, zu forschen, inwiefern die Dicke der diathermanen Körper auf ie Menge der von verschiedenen Wärmequellen ausgehenden trahlen einen Einfluſs ausübt. Zu diesem Ende wählte Mel-oni sieben Glasplatten von zunehmender Dicke, setzte sie als chirme den vier Wärmequellen aus und erhielt folgende Wärme-trahlen von 100, wenn L die Lampe, P den Platindraht, K das bis 00° oder 400° C. erhitzte Kupferhütchen und W das Gefäfs mit iedendem Wasser bezeichnen, welche als Wärmequelle dienten.

Dicke der Scheiben	L	P	K	W
0,07 Millim.	77,0	57	24,0	12
0,5 —	54,0	37	12,0	1
1,0 —	46,0	31	9,0	0
2,0 —	41,0	25	7,0	0
4,0 —	37,0	20	5,0	0
6,0 —	35,0	18	4,0	0
8,0 —	33,5	17	3,4	0

e Menge der durch diathermane Körper dringenden Wärme-ahlen nimmt mit der Dicke der Lamellen ab, aber für jede ärmequelle in einem verschiedenen Verhältnisse, und zwar einem der Intensität der Wärmequelle umgekehrt proportio-len. Nach früheren Versuchen von Ritchie, Delaroche d Andern schienen die dunklen Wärmestrahlen gar nicht urchzudringen, weil die von ihnen angewandten Lamellen im-er noch nicht dünn genug waren, Melloni aber dehnte seine rsuche auf noch weit dünnere Lamellen aus, namentlich n Gyps und Glimmer, die sich sehr leicht spalten lassen, und nd, dafs die Mengen der von allen Wärmequellen durchdrin-enden Strahlen sich der Gleichheit um so mehr nähern, je dün-er die Blättchen werden. Hieraus geht hervor, dafs die Wär-estrahlen nicht von der Oberfläche zurückgeworfen werden, ondern allerdings in das Innere der Körper eindringen und

Digitized by Google

hier erst verschwinden, oder, wie er sich ausdrückt, dafs di Wärmestrahlen von verschiedener Abkunft mehr oder wenige schnell im Innern einer und derselben Masse erlöschen, die Theil chen der Körper also auf die strahlende Wärme eine wirkliche Ab sorptionskraft ausüben und zwar eine desto stärkere, je niedri ger die Temperatur der Wärmequelle ist[1]. Zugleich zeigt sich ein merkwürdiger Unterschied der verschiedenen Körper rück sichtlich ihres Vermögens, die minder hellen Wärmestrah len am Durchgehen zu hindern, wie folgende Tabelle zeigt worin die obigen Bezeichnungen der Wärmequellen beibehal ten und die Mengen der durchgelassenen Strahlen angegeben sind.

---

1 Melloni scheint mir in Gefahr, sich selbst und Andere in ei nen Irrthum zu verstricken und dadurch einen Hauptumstand zu übe sehen, wenn er bei dem Satze stehen bleibt, dafs die Wärmestrahle um so weniger die Körper durchdringen, je geringer die Hitze de Wärmequelle ist. Allerdings ist die Intensität der Hitze einer Ke zenflamme gröfser, als die eines Gefäfses mit siedendem Wasse denn die Hitze wächst mit zunehmender Lichtentwickelung vom dunk len Körper bis zum weifsglühenden; allein bei den vorliegenden Ve suchen war die Intensität der Wärme da, wo sie auf die Schirme fie allezeit gleich, denn die Wärmequelle wurde sehr zweckmäfsig ve wegen der Nothwendigkeit, vergleichbare Resultate zu erhalten, viel näher gerückt, dafs die Nadel ohne Schirm bis 30° abwich Diesemnach wurden von den gleich intensiven Wärmestrahlen mei von den dunklen, als von den leuchtenden absorbirt, und hiervo mufs die Ursache nothwendig in ihrer eigenthümlichen Beschaffenhe liegen. Die mit Lichtstrahlen verbundenen oder zugleich Licht en wickelnden Wärmestrahlen, obgleich an Intensität den dunklen nic überlegen, sind daher insofern von ihnen verschieden, als sie tief in die Körper eindringen und dieselben leichter durchdringen. Da übrigens diathermane Körper gar keine Wärmestrahlen von der Obe fläche zurückwerfen sollen, kann wohl nicht in ganzer Strenge gelte denn Melloni selbst giebt (§. 324) die Gröfse der Reflexion de Wärmestrahlen von der Oberfläche des Bergkrystalls an, und Fora erhielt unzweideutige Spuren der Polarisation durch Reflexion (§ 333).

Digitized by Google

Substanzen, 2,6 Millim. dick.	L	P	K	W
Steinsalz, klar, farblos	92	92	92	92
Flufsspath, klar, farblos . . .	78	69	42	33
Steinsalz, durchsichtig, schielend	65	65	65	65
Beryll, klar, grüngelb	54	23	13	0
Flufsspath, klar, grünlich . . .	46	38	24	20
Kalkspath, klar, farblos . . .	39	28	6	0
— klar, farblos	39	28	5	0
Spiegelglas, klar, farblos . . .	39	24	6	0
— klar, farblos	38	26	5	0
Bergkrystall, klar, farblos . . .	38	28	6	0
Rauchtopas, klar, braun . . .	37	28	6	0
saures chroms. Kali, klar, orange	34	28	15	0
Topas, klar, farblos	33	24	4	0
Weifsbleierz, klar, farblos . . .	32	23	4	0
Schwerspath, klar, schwach-schielend	24	18	3	0
Achat, durchscheinend, weifs . .	23	11	2	0
Adular, klar, schielend, gestreift	23	19	6	0
Amethyst, klar, violett	21	9	2	0
Bernstein, künstlicher, klar, gelb	21	5	0	0
Aquamarin, klar, blaugrün . . .	19	13	2	0
Achat, durchscheinend, gelb . .	19	12	2	0
Borax, durchscheinend, weifs . .	18	12	8	0
Turmalin, klar, dunkelgrün . .	18	16	3	0
Ochsenhorn, durchscheinend, braun	18	4	0	0
Gummi, gemeines, klar, gelblich	18	3	0	0
Schwerspath, klar, schielend, gestreift	17	11	3	0
Gyps, klar, farblos	14	5	0	0
Sardonyx, durchscheinend, braun	14	7	2	0
Citronensäure, klar, farblos . .	14	2	0	0
kohlens. Ammoniak, klar, schielend, gestreift	12	3	0	0
weins. Kalinatron, klar, farblos	11	3	0	0
Bernstein, natürl., durchscheinend, gelb	11	5	0	0
Alaun, klar, farblos	9	2	0	0
Leim, klar, gelbbraun	9	2	0	0
Perlmutter, durchscheinend, weifs	9	0	0	0
Kandiszucker, klar, farblos . .	8	0	0	0
Flufsspath, durchscheinend, grün	8	6	4	0
Zucker, geschmolzener, klar, gelblich	7	0	0	0
Eis, sehr rein, klar, farblos . .	6	0	0	0

Aus diesen Versuchen geht das wichtige Resultat hervo
dafs es Wärmestrahlen von verschiedener Beschaffenheit gieb
indem einige von gewissen Körpern mehr als andere absorbi
werden. Eben dieses zeigt sich auch, wenn man gleich in
tensive Wärmestrahlen einer Lampe, nachdem sie durch e
schwarzes undurchsichtiges Glas gegangen sind, die freien d
glühenden Platins, des 400° heifsen Kupfers und des Wasse
gefäfses durch eine 1 bis 2 Millim. dicke Glasscheibe auf d
Säule fallen läfst. Nennt man die Menge der durch die Gla
scheibe gedrungenen Strahlen für die erste Wärmequelle 1,
ist sie für die zweite 0,7 bis 0,8; für die dritte 0,12 bis 0,1
für die vierte endlich 0, obgleich in allen vier Fällen dunk
Wärme vorhanden ist[1]. Am merkwürdigsten in dieser Bezi
hung ist das Steinsalz, welches unter allen untersuchten Kö
pern allein von den verschiedenen Wärmestrahlen eine gleic
Menge absorbirt und durchläfst. Dieselbe Erfahrung zeigt si
auch dann, wenn die Wärmequellen eine noch geringere I
tensität haben, z. B. wenn man sie von Gefäfsen ausströme
läfst, in denen sich nur bis 45° C. erwärmtes Wasser befind
wie nicht minder bei der Anwendung dickerer Schirme, ins
fern Steinsalzplatten von 15 bis 20 Millim. Dicke von all
vier Wärmequellen eine gleiche Menge durchlassen. Melloni
vergleicht dieses mit dem Durchlassen der Lichtstrahlen dur
verschiedenfarbige Gläser, indem nur die mit den farbigen M
dien gleiche Farben besitzenden Lichtstrahlen frei durch di
dringen, die andern aber absorbirt werden, und es wären de
nach die dunkleren Wärmestrahlen den farbigen Lichtstrahl
ähnlich, die nur durch gewisse Körper dringen, die von d
Sonne oder einer hellglänzenden Flamme ausgehenden aber d
weifsen Lichte. Die Körper zerfallen hiernach in *diathermane*
und *athermane*, und die ersteren wieder in *universelle* u
partielle, wobei es nur eine einzige universell diatherman
den farblosen Mitteln zu vergleichende Substanz giebt, d
Steinsalz; alle übrige aber, die den farbigen durchsichtig
Substanzen analog sind, gehören zu den partiellen. M
nimmt meistens an, und dieser Ansicht war anfangs auch Me
lloni, dafs alle nicht diaphane Körper zugleich atherman sin
allein Versuche mit schwarzem Glase und schwarzem Glimm

1 Poggendorff's Ann. XXXIX. 211.

Digitized by Google

die das intensivste Sonnenlicht vollständig auffingen, zeigten sich nach folgender Tabelle, worin die nämlichen Bezeichnungen beibehalten sind, als partiell diathermane:

	L	P	K	W
schwarzes Glas, 1 Millim. dick . .	26	25	12	0
— — 2 — — . .	16	15,5	8	0
schwarzer Glimmer, 0,6 Millim. dick	29	28	13	0
— — 0,9 — —	20	20	9	0

Was früher Delaroche beobachtete und Melloni bestätigt fand, dafs Wärmestrahlen, wenn sie durch eine diathermane Platte gedrungen sind, durch eine zweite mit geringerem Verluste dringen, zeigt sich gleichfalls dem Verhalten des Lichtes analog, denn die weifsen Lichtstrahlen verlieren viel beim Durchfallen durch eine farbige Glasplatte, die durch diese gedrungenen farbigen aber verlieren nur wenig, wenn sie eine zweite Platte von gleicher Farbe durchdringen.

317) Bedient man sich der nämlichen Wärmequelle, aber von ungleicher Intensität, so scheint es, als müsse man annehmen, dafs die unter übrigens gleichen Bedingungen erzeugte Wärme den Intensitäten direct proportional seyn werde, allein die Versuche bestätigten dieses nicht. Hierbei diente ein hohler Würfel von dünnem Metallblech mit heifsem Wasser gefüllt, welcher die Wärme aus seiner mit Kienrufs überzogenen Fläche aus gleichen Entfernungen gegen die thermoelektrische Säule strahlen liefs. Die Temperatur des Wassers wurde durch Thermometer gemessen, und die folgende Tabelle enthält unter T die Temperatur des Wassers, unter t den Ueberschufs über die äufsere Temperatur und unter Θ die Grade der Temperatur, welche die Säule anzeigte, alle nach der hunderttheiligen Scale.

T	t	Θ	T	t	Θ
100°	75°	35°,58	60°	35°	12°,21
94	69	30,81	55	30	9,85
90	65	28,25	50	25	7,75
85	60	25,23	45	20	5,34
80	55	22,40	40	15	3,60
75	50	19,68	35	10	2,05
70	45	17,01	30	5	0,92
65	40	14,45			

Digitized by Google

Sucht man die Quotienten $\Theta : t$, so sind sie einander durchaus nicht gleich, wie zu erwarten wäre, sondern $\frac{35,58}{75} = 0,4577$; $\frac{19,68}{50} = 0,3936$; $\frac{5,34}{20} = 0,267$ u. s. w. Man muſs also annehmen, daſs die Wärmestrahlen beim Durchgange durch die geschwärzte Metallplatte einen mit der Abnahme ihrer Intensität wachsenden Verlust erlitten[1].

318) Die Wärmestrahlen zeigen, wie die Lichtstrahlen die Fähigkeit gebrochen zu werden, und da das Steinsalz der einzige universell diathermane Körper ist, so muſs man dieses bei den Versuchen über die *Refraction* der Wärmestrahlen in Anwendung bringen. Nach früheren Versuchen gaben Glaslinsen gegen ein Küchenfeuer gehalten zwar einen hellen Brennpunct, allein dieser hatte nur eine geringe Wärmeintensität und Scheele[2] behauptete, ein Thermometer steige in demselben gar nicht, wogegen jedoch Herschel und Brande[3] fanden, daſs einige meſsbare Wärme vorhanden sey, ohne Zweifel deswegen, weil sie ein heller brennendes Feuer anwandten. Die Brechbarkeit, selbst der ganz dunklen Wärmestrahlen, wurde aber durch folgenden Versuch unwiderlegbar entschieden. Melloni stellte das Gefäſs mit siedendem Wasser hinter den Schirm, und die thermoelektrische Säule S so, daſs die nach O fortgepflanzten Wärmestrahlen sie nicht treffen konnten, weswegen die Magnetnadel auf 0 stehn blieb. Dann stellte er auf das Tischchen G ein Steinsalzprisma vertical, die hierdurch gebrochenen Wärmestrahlen fielen auf die Säule, und die Nadel zeigte augenblicklich die Erwärmung der thermoelektrischen Säule. Daſs dieses keine Folge der Erhitzung des Prisma's sey, ergab sich deutlich; denn wenn man den brechenden Winkel desselben umkehrte, ging die Nadel sofort auf 0 zurück. Eine interessante Frage hierbei war, ob die von ungleichen Wärmequellen ausgehenden Strahlen eine verschiedene Brechbarkeit zeigen. Um dieses auszumitteln, stellte Melloni eine thermoelektrische Säule M von 15 über einander liegende

Fig. 59.

Fig. 60.

---

1 Möglicherweise könnte dieser Verlust auch ganz oder zum Theil vom Durchgange durch die Luft herrühren.

2 Dessen Werke Th. I. S. 125.

3 Philos. Trans. 1800 und 1820.

Digitized by Google

Paaren Wismuth und Antimon auf das Lineal D, welches auf dem Kreisbogen AB verschiebbar lag. Die Wärmestrahlen von dem glühenden Platindrahte wurden durch das Steinsalzprisma gebrochen, und die thermoelektrische Säule so lange verschoben, bis die Nadel die gröfste Intensität der Wärme zeigte. Wurde dann statt des Platins die Lampe hingestellt, so mufste das Lineal etwa zwei Linien weiter nach B geschoben werden, um die gröfste Wärmeintensität zu erhalten, und um drei Linien nach A zu, wenn das erhitzte Kupferhütchen angewandt wurde; das Gefäfs mit siedendem Wasser hatte zu geringe Intensität, als dafs eine genaue Messung damit gestattet wäre. Hiernach sind also die dunkleren, weniger intensiven Wärmestrahlen die am wenigsten brechbaren, so wie die am meisten leuchtenden farbigen Lichtstrahlen eine geringere Brechung leiden, als die minder leuchtenden. Eine Linse aus Steinsalz gewährt hiernach die Vortheile, dafs man damit geringe Wärmemengen concentriren oder auch die Strahlen einer intensiven Wärmequelle, wenn man letztere in den Brennpunct der Linse bringt, weit fortpflanzen kann.

319) Die hieraus hervorgehende auffallende Aehnlichkeit zwischen dem Verhalten des Lichtes und der Wärme mufste nothwendig die Frage veranlassen, ob sich bei den Strahlen der letzteren nicht auch eine Art von *Polarisation* zeige. Das Wenige, was Delaroche und Berard in dieser Beziehung mitgetheilt haben, wovon bereits die Rede war, ist von geringer Bedeutung, eine eigene Polarisation der Wärmestrahlen dagegen ist zuerst durch Forbes aufgefunden worden, wie sogleich erwähnt werden soll; wir wollen aber, um den Zusammenhang nicht zu unterbrechen, die durch Melloni anfangs erhaltenen verneinenden Resultate hier vorläufig erwähnen. Da die Lichtpolarisation leicht durch Turmalinplatten bewirkt wird, welche der Krystallisationsaxe parallel geschnitten sind, so klebte Melloni über die vierkantige Oeffnung einer Kupferplatte mit etwas Wachs eine Turmalinplatte, deren Axe einer der Seiten parallel war, legte eine zweite ebenso vorgerichtete Kupferplatte darüber, verfertigte sich auf die nämliche Weise eine zweite solche Platte, und brachte beide als Schirm in seinen Apparat, konnte aber keinen Unterschied wahrnehmen, wenn die Axen der Turmaline einander parallel oder sich rechtwinklig schneidend waren, auch konnten sie sich, ohne irgend einen

Digitized by Google

Einfluſs zu äufsern, in sonstigen Winkeln schneiden, und folgerte also hieraus, daſs die irdischen Wärmestrahlen dur Turmalinplatten nicht polarisirbar seyen. Ein eigenthümlich Verhalten zeigten diese Strahlen dagegen, wenn sie durch ei diathermane Platte gegangen noch eine zweite durchdring muſsten. Man nehme an, daſs die durch eine Platte Citrone säure fallenden Strahlen eine Ablenkung der Nadel von 3 bewirkten. Wurde dann eine Platte Alaun so gestellt, daſs durch die Citronensäure gegangenen Strahlen diese gleichf durchdringen muſsten, ehe sie zur thermoelektrischen Sä gelangten, so ging die Magnetnadel nur um 3 bis 4 Grade z rück. Statt der Alaunplatte konnten auch andere Substan gewählt werden, Melloni behielt aber diese bei, lieſs Strahlen vorher durch andere Platten als die Citronensä fallen, und erhielt dann die in nachfolgender Tabelle angeg benen Werthe, indem die erste Columne die Schirme bezei net, durch welche 100 Strahlen auf die Alaunplatte fielen, zweite aber diejenige Menge, welche von diesen durch Alaunplatte drangen.

Schirme.	Strahlen.
Kein Schirm	9
schwarzer Glimmer, undurchsichtig	2
grüner Turmalin	7
Steinsalz, klar	9
Steinsalz, schielend	9
Borax	11
Schwerspath	12
Adular	14
saures chromsaures Kali	14
weiſser Glimmer	15
Beryll	19
Aquamarin	19
Kalkspath	22
Perlachat	24
gelber Achat	24
Bergkrystall	25
Spiegelglas	27
gelber Bernstein	30
kohlensaures Ammoniak	31
Gummi	45
Gyps	72
weinsaures Kalinatron	80
Citronensäure	85
Alaun	90

d by Google

Aehnlichkeit, welche sich hiernach zwischen den Wärtrahlen und Lichtstrahlen herausstellt, insofern Wärmehlen, die bereits durch ein absorbirendes Medium gedrungen l, in einem zweiten mehr oder weniger verlieren, bezieht nicht sowohl auf die Polarisation, als vielmehr auf die enschaft, dafs Lichtstrahlen, die durch farbige Medien gegen sind, andere gleichfarbige leichter durchdringen, als ers gefärbte. Melloni gebraucht hierfür den ihm von ERE angegebenen Ausdruck *Diathermansie*, insofern Cisensäure, Gyps u. s. w. eine dem Alaum sehr ähnliche, nsalz, Borax u. s. w. aber eine sehr verschiedene Diathersie besitzen.

320) Melloni brachte nochmals die Frage zur Untersug, ob die Farbe des Glases einen Einfluſs auf die Diatherie habe, und erhielt aus seinen Versuchen mit gefärbten platten, sämmtlich 1,85 Millim. dick, folgende unter A gebene, von 100 durchgelassene Strahlen; drangen aber 100 hlen durch die nämlichen gefärbten Gläser und dann durch Alaunplatte, so liefs letztere die unter B angegebenen hinh.

Gefärbte Gläser	A	B
weifses Glas	40	27
dunkelrothes Glas	33	27
orangefarbenes Glas	29	27
lebhaft gelbes Glas	22	27
apfelgrünes Glas	25	5
mineralgrünes Glas	23	3
blaues Glas	21	27
indigofarbiges Glas	12	27
violettes Glas	34	27
schwarzes, undurchsichtiges Glas	17	1

aus geht hervor, dafs jede Färbung des Glases seine Diamanie schwächt, eine bestimmte Reihenfolge aber, wie die hmende Wärme in den farbigen Strahlen des Spectrums, t nicht statt; die Diathermansie wird, mit Ausnahme grünen und schwarzen Färbung, durch die Farben nicht indert, sondern ist der beim ungefärbten Glase gleich, wodoch zu bemerken, dafs der Alaun für sich bei gleicher

Dicke der Platte von 100 Strahlen nur 9 durchliefs, mithin alle gefärbte Gläser, mit Ausnahme der grünen und des schwarzen, die Wärmestrahlen so modificirten, dafs von ihnen dann dreimal so viel durch die Alaunplatte drangen. Warum namentlich das grüne, mit Kupfer gefärbte Glas hiervon eine Ausnahme macht, ist allerdings schwer zu entziffern.

321) Das angegebene Verfahren läfst sich auch umkehren, wenn man, anstatt die Wärmestrahlen erst durch die genannten diathermanen Substanzen und dann durch die Alaunplatte fallen zu lassen, sie vielmehr zuerst durch die Alaunplatte und dann durch sonstige diathermane Substanzen dringen läfst. Da man aber statt der Alaunplatte auch Platten von jeder andern Substanz wählen kann, so giebt dieses eine ausnehmend grofse Menge von Combinationen. Melloni hat seine Versuche nur auf fünf Substanzen ausgedehnt und die erhaltenen Resultate in einer Tabelle neben einander gestellt. In dieser sind in der ersten Columne diejenigen Substanzen genannt, welche zwischen die Alaunplatte oder eine Platte aus den andern vier Substanzen und die thermoelektrische Säule gestellt werden und auf welche jederzeit 100 Wärmestrahlen aus der vor ihnen befindlichen, der Wärmequelle zugewandten Platte fallen, in den folgenden Columnen sind aber die Mengen von Wärmestrahlen genannt, welche sie von diesen 100 Strahlen durchlassen, die aus einem der vor ihnen befindlichen diathermanen Schirme auf sie fallen, und zwar

in Columne A, wenn der Schirm eine Alaunplatte von 2,6 Millim.,
- — G, — — — — Gypsplatte — 2,6 — —
- — K, — — — — Platte von chroms. Kali — 2,6 — —
- — gG, — — — — grüne Glasplatte — 1,85 — —
- — sG, — — — — schwarze Glasplatte — — — —

Dicke i

Platten[1].	A	G	K	gG	sG
Steinsalz	92	92	92	92	92
Flufsspath	90	91	88	90	91
Beryll	80	91	66	70	57
Kalkspath	91	89	56	59	55
Glas, 0,5 Millim. dick	90	85	68	87	80
Glas, 8 Millim. dick	90	82	47	56	45
Bergkrystall	91	85	52	78	54
saures, chroms. Kali	57	53	71	28	24
Schwerspath	36	47	25	60	57
weifser Achat	70	78	30	43	17
Adular	23	58	43	50	23
Bernstein	65	61	20	13	8
Glimmer, schwarzer, opaker, 0,9 Millim. dick	0,4	12	16	38	43
Achat, gelber	57	64	24	35	14
Aquamarin	60	57	26	20	21
Borax	23	33	23	30	24
Turmalin, grüner	1	10	14	24	30
Gummi, gemeines	61	52	12	6	4
Gyps	59	54	22	9	15
Gyps, 12 Millim. dick	56	45	17	5	0,4
Ammoniak, kohlensaures	44	34	11	6	5
Citronensäure	88	52	16	3	2
weinsaures Kalinatron	85	60	15	2	1
Alaun	90	47	15	0,5	0,3
weifses Glas[2]	90	83	50	67	55
violettes Glas	76	72	42	56	47
rothes Glas	74	69	41	54	45
orangefarbenes Glas	65	58	36	48	39
apfelgrünes Glas	3	20	22	55	50
mineralgrünes Glas	1	15	19	52	58
gelbes Glas	49	46	27	35	30
blaues Glas	47	42	26	34	29
schwarzes undurchsichtiges Glas	0,5	18	11	42	52
indigofarbiges Glas	27	26	14	20	17

1 Die Dicke derselben betrug bei allen 2,6 Millim. Ausnahmen von sind besonders angegeben worden.

2 Die Dicke dieses und der folgenden Gläser betrug 1,85 Millim.

Melloni zeigt an einigen Beispielen, dafs die Stellung der Platten auf den Durchgang der Wärmestrahlen keinen Einfluß hat, indem sich dasselbe Verhältnifs zeigt, wenn die nämlichen Platten sich abwechselnd in der vorderen oder hinteren Stellung befinden. Nimmt man z. B. Alaun und chromsaures Kali, so lassen diese für sich von 100 Wärmestrahlen 9 und 34 durch. Sollen sie daher 100 Strahlen durchlassen, so hätte man die Proportionen:

$$9 : 100 = 100 : x \quad \text{und}$$
$$34 : 100 = 100 : x,$$

welches 1111 für Alaun und 294 für chromsaures Kali giebt. Wenn aber das chromsaure Kali von Alaun 100 Strahlen empfängt, so läfst es 57 durch, und wenn der Alaun vom chromsauren Kali 100 empfängt, so läfst er 15 durch, beides nach Angabe der Tabelle. Es ist aber wirklich

$$57 : 15 = 1111 : 294,$$

woraus der angegebene Satz folgt. Dagegen zeigen sich die Körper ungleich diatherman für die bereits durch einen andern Körper durchgegangenen und die unmittelbar auf sie fallenden Strahlen. So sind Glas, Kalkspath und Bergkrystall diathermaner für die durch alle fünf in der Tabelle enthaltenen Körper durchgefallenen Strahlen, als für die, welche von der Wärmequelle unmittelbar ausgehn, Citronensäure und weinsaures Kali aber sind für die durch Alaun und Gyps gedrungenen Strahlen permeabeler, für die durch grünes und schwarzes Glas gedrungenen dagegen weniger permeabel, als für die von der Wärmequelle selbst kommenden. Undurchsichtiger Glimmer und Turmalin wirken im entgegengesetzten Sinne und überhaupt findet in dieser Beziehung kein allgemeines Gesetz statt, weswegen es um so merkwürdiger ist, dafs das Steinsalz keinem dieser Wechsel unterliegt, indem es stets die nämliche Menge von Wärmestrahlen durchläfst, sie mögen von der Wärmequelle unmittelbar ausgegangen seyn oder bereits andere Körper durchdrungen haben. Die durch Alaun durchgegangenen Strahlen haben die Eigenschaft erhalten, dafs sie alle farblosen Körper in grofser Menge durchdringen, durch farbige aber stark absorbirt werden, die durch grünes und schwarzes Glas gegangenen dagegen haben gerade die entgegengesetzte Eigenschaft, indem sie opake Körper leicht durchdringen, von durchsichtigen

Denkkraft Denkkraft, meine Gedanken dahin zu lenken, wohin ich will, und meine Einbildungskraft, mir Bilder zu machen, wie ich will. Wörterbuch. — Die Kraft, über die Phantasmata nicht etwan zu gehen, sie über-, unter- und nebeneinander zu setzen, sie zu trennen und zu verbinden, wie es der Zweck des Denkens erfordert. Wie sich die Denkkraft zu den Sinnen verhält, Wörterbuch. Sie ist nicht Sinnlichkeit, sondern Verstand, Kant, Kr. d. r. V. 1. Aufl. S. 51. Sie ist das Vermögen, Begriffe zu machen, Kant, Anthropologie, 1. Aufl. S. 69. Sie ist das Vermögen, Begriffe zu machen, oder sich Gegenstände unter Begriffen vorzustellen, Kant, Kr. d. r. V. 1. Aufl. S. 51

nes rothglühenden Eisens aus gleichen Entfernungen auf e *schwarz* und eine *weifs* gefärbte Kugel zweier empfindlic Thermometer fallen und erhielt für das glühende Eisen Verhältnifs 100:78, für die Argand'sche Lampe aber 100:7 als er aber eine Glasplatte dazwischen schob, wurden diese V hältnisse in 100:50 und 100:57 verwandelt. Melloni deh diese Versuche noch auf verschiedene andere Glassorten a und bediente sich dazu seines Thermomultiplicators, des eine Fläche er mit Kienrufs, die andere mit Bleiweifs, be vermittelst Gummiwassers, überzog. Dieser Apparat gewäh den Vortheil, dafs er sich umdrehn liefs, um die eine und andere Seite in gleicher Entfernung der Wärmequelle, und zu der von ihm gebrauchten Lampe ohne Schirm, entgegenzuri ten, auch wurde dadurch die bei Thermometern so leicht z findende Ungleichheit derselben unter einander vermieden. W dann die Menge der durch die verschiedenen Körper dring den und von der schwarzen Fläche aufgenommenen Wärm strahlen durch 100 ausgedrückt, so betrug die Menge der d der weifsen aufgenommenen, nach der Wirkung auf die M gnetnadel:

Zwischengebrachte Schirme.	Strahlen
Lampe ohne Schirm	80,5
Schirm von Steinsalz . . .	80,5
— — Alaun	42,9
— — farblosem Glase .	54,2
— — hellrothem Glase .	60,6
— — dunkelrothem Glase	77,8
— — hellgelbem Glase .	55,5
— — dunkelgelbem Glase	63,6
— — hellgrünem Glase .	67,4
— — dunkelgrünem Glase	70,5
— — hellblauem Glase .	61,0
— — dunkelblauem Glase	66,9
— — hellviolettem Glase	67,6
— — dunkelviolettem Glase	76,7
— — undurchsichtigem schwarzem Glase .	84,6

Die Alaunplatte absorbirt hiernach die meisten Strahlen, wel eine weifse Fläche aufzunehmen vermag, oder welche in di einzudringen vermögen, eine farblose mehr als alle gefarbte, u

Digitized by Google

von den letzteren die dunkleren weniger, als die helleren, ja ein undurchsichtiges schwarzes Glas bewirkt sogar, dafs die weifse Fläche mehr Strahlen aufnimmt, als ohne die Dazwischenkunft einer solchen Platte[1].

323) Hierher gehört dann auch der oben (§. 264 ff.) bereits erwähnte Unterschied zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen der Körper für Wärmestrahlen. Beides sollte für die nämlichen Körper gleich seyn, allein die genannten Versuche zeigten einen bedeutenden Unterschied, und dieser blieb beständig bei Wiederholung derselben, wonach also die Ursache nicht in Beobachtungsfehlern liegen kann. Die Sache findet aber ihre Erklärung einfach darin, dafs man aufser der Intensität der Wärmestrahlen zugleich die Diathermansie berücksichtigen mufs. Man übersieht dieses sehr deutlich, wenn die Strahlenmengen beim Ausströmen mit den absorbirten und zwar letztere bei Anwendung verschiedener Wärmequellen zusammengestellt werden, wie in folgender Tabelle, wo die Bezeichnungen L, P, K, W ihre vorige Bedeutung behalten.

Substanzen	Ausstrahlung	Absorption L	P	K	W
Kienrufs	100	100	100	100	100
Bleiweifs	100	53	56	89	100
Hausenblase	91	52	54	64	91
Tusch	85	96	95	87	85
Gummilack	72	43	47	70	72
blanke Metallfläche . . .	12	14	13	13	13

Es darf hierbei nicht übersehn werden, dafs die Ausstrahlungsversuche mit einem metallenen Würfel, worin Wasser durch eine untergesetzte Weingeistlampe stets siedend blieb, angestellt wurden, die emittirten Strahlen also der dunklen Wärme angehörten; die absorbirten dagegen entsprangen aus unter sich verschiedenen Wärmequellen. Aus den Resultaten ergiebt sich nun, dafs das Absorptionsvermögen der Oberflächen für Strah-

1 Hierin dürfte zum Theil der Grund des oben (§. 310) erwähnten Versuches von Gaux liegen, wenn man berücksichtigt, dafs die durchfallenden Strahlen von der weifsen Hand aufgefangen wurden.

Digitized by Google

len, die aus ungleichen Wärmequellen kommen, merklich ve schieden ist, dem Emissionsvermögen eben dieser Flächen ab um so näher kommt, je weniger intensiv die Wärme ist, f die dunkle des siedenden Wassers endlich ihm völlig gle kommt. Auf Metallflächen scheint die verschiedene Art d Wärmestrahlen keinen Einfluſs zu haben; auch ist bei ihn das Emissionsvermögen dem Absorptionsvermögen für alle A ten von Wärmestrahlen gleich. Dieses stimmt damit überei daſs Metallspiegel alle Arten Wärmestrahlen auf gleiche Wei reflectiren.

324) Aus der Eigenschaft des Steinsalzes wurde oben g folgert, daſs sich dasselbe vorzugsweise zu Sammlungslins für Wärmestrahlen eigne; aus dem so eben Gesagten folgt ab daſs metallene Hohlspiegel eine gleiche Wirkung haben. U aber zu einer Entscheidung der Frage zu gelangen, welchen v beiden der Vorzug gebühre, müssen die reflectirenden Kra beider untersucht werden. Nimmt man die Aufgabe allgemei so folgt aus den bekannten Versuchen von Rumford und Al dern, daſs die Gröſse der *Reflexion* für Wärmestrahlen dur die Beschaffenheit der Oberflächen bedingt werde, die Unte suchungen Melloni's geben aber die Mittel, sie in einzeln Fällen zu bestimmen[1]. Fallen die Wärmestrahlen auf eine di thermane Platte mit parallelen Oberflächen, so erleiden s an der Vorderfläche eine gewisse Reflexion, dringen in das In nere, werden daselbst zum Theil absorbirt, gelangen zur Hin terfläche, erleiden daselbst eine theilweise Reflexion, und tre dann, hierdurch verringert, in die Luft. In Steinsalz ist al ein Körper gegeben, welcher gar keine Wärme absorbirt, de der Verlust der durchgehenden Wärmestrahlen ist für je Dicke der Platten gleich und rührt somit bloſs von der Re flexion an den Flächen her. Da aber eine Steinsalzplatte unt allen Bedingungen und für alle Arten von Wärmequellen gl chen Verlust erzeugt, indem von 100 Strahlen nur 92,3 durc gelassen werden, so ist 1 — 0,923, also 0,077 diejenige Men welche von der vorderen und hinteren Fläche reflectirt wi Zur Auffindung der Reflexionsgröſse in einem gegebenen Fa führt dann folgende Betrachtung. Es sey die Menge der au fallenden Strahlen der Einheit gleich, die Menge der von d

1 Poggendorff's Ann. XXXIX. 212.

d by Google

Vorderfläche reflectirten Strahlen = R, so ist die Menge der eindringenden Strahlen 1 — R und die von der Hinterfläche reflectirte = R (1 — R), weil eine Quantität Strahlen = 1 — R bei mangelnder Absorption zur Hinterfläche gelangt. Beide summirt und zu der durchstrahlenden Menge addirt müssen der Einheit gleich seyn, welches giebt

$$R + R(1 - R) + 0{,}923 = 1,$$

woraus

$$R = 1 \pm \sqrt{0{,}923} = 1 \pm 0{,}9607.$$

Der an der Vorderfläche reflectirte Antheil ist also = 1 — 0,9607 = 0,0393 und der von der Hinterfläche = 0,0377. Will man hiernach die Reflexion irgend einer andern Platte finden, so darf man nur erwägen, dafs dicke Platten anderer Substanzen ebensoviel Wärmestrahlen durchlassen, als wenig dickere Platten. Eine Glasplatte z. B. von 8 Millim. Dicke läfst bemerklich weniger Strahlen durchfallen, als eine andere von 5 Millim. Dicke, und eine 0,5 Millim. dicke Schicht bewirkt daher keine bemerkbare Absorption der Strahlen, die bereits eine 8 Millim. dicke Platte durchdrungen haben. Nimmt man also diese dünne Platte für sich allein und setzt sie den durch die 8 Millim. dicke Platte gedrungenen Strahlen aus, so wird ein Theil reflectirt und der ganze Rest durchgelassen, wobei der verlorene Antheil ausschliefslich der Effect der beiden Reflexionen ist. Sorgfältige Versuche ergeben hier nahe 0,923 für die durchgelassene Wärmemenge und es gehn also 0,077 durch Reflexion verloren, und dieses gilt nicht blofs für Glas, sondern auch für andere Substanzen, wenn die dünnen Platten klar und gut polirt sind. Eben dieses Resultat wird erhalten, wenn man die Strahlen erst durch eine dickere Platte irgend einer diathermanen Substanz und dann durch eine dünne Platte eines andern gleichfalls diathermanen Körpers dringen läfst. Hiernach darf also angenommen werden, dafs von den senkrecht auf die Oberfläche diathermaner Körper fallenden Strahlen ungefähr 0,04 durch Reflexion verloren werden.

325) Um die *Reflexion von den Oberflächen athermaner Körper* zu finden, beobachtet man zuerst den Durchgang der Wärmestrahlen irgend einer Wärmequelle durch eine Steinsalzplatte beim senkrechten Einfall derselben auf die Fläche der

Digitized by Google

Platte und neigt sie dann gegen die Axe des Strahlenbündel So lange der Winkel, welchen diese Axe mit dem Einfalls lothe der Platte bildet, nicht gröfser als 30° bis 35° ist, zei die durchgelassene Menge keine merkliche Abnahme. Man las also die Wärmestrahlen einer constanten Wärmequelle gege eine sehr dicke Glasplatte so fallen, dafs sie einen Winkel vo 55° bis 60° mit der Fläche derselben bilden, fange die re flectirten Strahlen mit dem Thermomultiplicator auf und nenn die gemessene Wärme a, setze dann, ohne etwas an der Vor richtung zu ändern, an die Stelle der Glasplatte die zu unter suchende Platte des athermanen Körpers und messe die erzeug Wärmemenge b, so hat man, da die Reflexion der Gla platte = 0,0393 ist, die Reflexion der athermanen Plat $x = 0{,}0393 \times \frac{b}{a}$. Bei Bergkrystall und polirtem Messing w b = 35,63; a = 3,15; x = 0,44. Es verhalten sich also d durch eine Steinsalzlinse und einen Messingspiegel, beide vo gleichem Durchmesser, concentrirten Strahlen wie 0,923:0,4 wenn beider Brennpuncte gleiche Entfernung haben, und e konischer messingner Schirm vor einer thermoelektrischen Säul wird also nur ungefähr $\frac{5}{9}$ so viele Wärmestrahlen concentrir als eine Steinsalzlinse von gleichem Durchmesser. Verklein man den Winkel, welchen die Axe der auffallenden Wärm strahlen mit der Fläche bildet, so ist die Wärmezunahme dur Reflexion beim Glase und beim Bergkrystall bedeutend, b Messing aber betrug sie kaum 0,04 bis 0,05, als dieser Wink von 80° auf 20° verringert wurde.

326) Endlich hat Melloni noch den bereits erörterte von Baden Powell[1] zuerst wahrgenommenen Einfluss ein zwischenkommenden Glasplatte auf das Absorptionsvermög auch für verschiedene Oberflächen untersucht. Bei Anwen dung der Lampe schob er zwischen eine mit verschied nen Substanzen überzogene, vor der Säule befindliche Kupfe platte und die Wärmequelle eine Glasscheibe und erhielt da folgende Absorptionen, wobei wir zur leichteren Vergleichu die in der dritten Columne der vorigen Tabelle genannt Werthe hier wiederholen.

---

1 Vergl. Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XL. p. 296. N. XL p. 475. N. XLIV. p. 23. N. XLV. p. 109.

Google

Oberflächen.	Ohne Glas	Mit Glas
Kienrufs	100	100
Bleiweifs	53	24
Hausenblase	52	45
Tusch	96	100
Gummilack	43	30
Metallfläche	14	17

Hiernach werden die Mengen der absorbirten Strahlen durch das Zwischenbringen einer Glasscheibe bei der Metallfläche und bei einem Ueberzuge von Tusch vermehrt, bei Kienrufs bleibt sie unverändert, bei allen übrigen aber wird sie verändert.

327) Nachträglich sucht Melloni[1] noch die Aehnlichkeit zwischen den verschiedenen Wärmestrahlen und den ungleich gefärbten Lichtstrahlen durch einige sinnreiche Versuche weiter zu begründen. Gäbe es nur einerlei Art Wärmestrahlen, so könnte ein Unterschied zwischen Diathermanie und Diathermansie nicht finden, oder vielmehr die letztere Eigenschaft könnte gar nicht als eine besondere existiren, alle Körper müfsten mehr oder minder diatherman, d. h. für jede Art von Wärmestrahlen in gleiche Weise mehr oder minder durchgängig seyn. Da dies nicht der Fall ist, manche Körper vielmehr für gewisse Strahlen, namentlich die aus dunklen Wärmequellen entspringenden, diathermaner sind, als für andere, so mufs diese Eigenschaft mit einem eigenthümlichen Worte bezeichnet werden, wofür Melloni den Ausdruck *Diathermansie* gewählt hat. Die gleiche Diathermansie diathermaner Körper mufs dann nothwendig in der ungleichen Beschaffenheit ihrer Molecüle oder der Aggregation derselben gegründet seyn, allein sie wäre dennoch für eine gleichfalls statt findende ungleiche Beschaffenheit der Wärmestrahlen unmöglich, weil nur gewisse Strahlen durch die mit eigenthümlicher Diathermansie begabten Körper leichter hindurchgehn. Hierbei drängt sich unwillkürlich die Aehnlichkeit mit der verschiedenen Färbung diaphaner Körper von selbst auf, indem durch diese allerdings Lichtstrahlen, aber nur eigenthümlich gefärbte hindurchgehn, andere aber nicht,

[1] Comt. rend. T. IX. p. 315. Poggendorff's Ann. XLVIII. 326. Ausführlich in Ann. de Chim. et Phys. T. LXXII. p. 40.

Digitized by Google

nach welcher Analogie dann der Ausdruck *farbige Wärmestrahlen* gewählt worden ist.

Dieses vorausgesetzt folgt aus den mitgetheilten Erfahrungen, dafs die Ursache der Diathermansie bis jetzt noch ganz unbekannt, die Eigenschaft selbst aber von den Körpern, denen sie zugehört, unzertrennbar ist, und dafs es zweitens nur eine einzige, von aller Diathermansie befreite Substanz giebt, nämlich das Steinsalz. Alle Farbstoffe vermindern die Diathermansie des Glases, ändern aber die Diathermansie nicht, aufser die schwarzen[1] und gewisse grüne Farbstoffe. Da diese letzteren aber dem Glase beigemischt sind, welches die wenig brechbaren Strahlen der Wärmequellen von niederer Temperatur auffängt, so müfste man sie mit Steinsalz verbinden, um zu wissen, ob sie die Ursache der Veränderung sind, die das mit ihnen verbundene Glas zeigt. Eine solche Verbindung ist aber noch nicht bewerkstelligt worden und vielleicht unmöglich. Melloni erreicht indefs etwas Aehnliches, indem er eine Platte Steinsalz mit einer dünnen Lage Kienrufs überzieht[2], die so zubereitet einen Körper giebt, welcher Strahlen aus Quellen von niederer Temperatur in gröfserem Verhältnisse durchläfst, als Strahlen aus Quellen von höherer Temperatur, und also in Beziehung auf den Wärmedurchgang auf der nämlichen Linie steht als diejenigen Medien, welche blofs rothe und orangefarbene Strahlen durchlassen, in Beziehung auf Licht. Um diese Erscheinung augenfälliger zu machen, nimmt er eine Steinsalzplatte von etwa zwei bis drei Zoll Länge, theilt sie durch Querlinien in drei gleiche Theile, läfst den einen unverändert, heftet auf den andern eine Schicht eines diathermanen Körpers, z. B. ein Blättchen schwarzen oder weifsen Glimmers, eine Lage Hausenblase, Terpentin oder eine Glasplatte, und schwärzt den dritten

---

1 Poggendorff bemerkt, dafs nach Splittgerber die das Glas schwarz färbende Substanz aus Schwefelalkalien besteht, welche aus den die angewandte Pottasche oder Soda verunreinigenden Substanzen durch zugesetzte Kohle reducirt sind und zuerst gelb, durch angewandte höhere Hitze aber schwarz färben. S. Annalen XLVII. 16

2 Melloni erzeugt diesen Ueberzug vermittelst einer Kerzenflamme; viel leichter aber erhält man ihn durch einen angezündeten Span von Kienholz oder etwas Terpentinöl auf Baumwolle, die um eine Glasröhre fest gewickelt und mit Terpentinöl getränkt ist.

Digitized by Google

der einer Lampe. — Nachdem alsdann die Stellungen ausgemittelt sind, in welchen die verschiedenen Wärmequellen eine gleiche Ablenkung der Nadel bewirken, läfst er die drei Abtheilungen vor der thermoelektrischen Säule vorübergehn. Die erste läfst dann stets die nämliche Menge Wärmestrahlen durchfallen, die zweite läfst eine mit der Temperatur der Wärmequelle wachsende Menge Strahlen durch, die dritte aber umgekehrt eine bei höherer Temperatur abnehmende Menge. Dieses Verhalten gleicht also auffallend dem, wonach durch eine Reihe gleich dicker weifser und gefärbter Gläser verschiedenfarbiges Licht in ungleichen Mengen dringt. Sind Steinsalzplatten so geschwärzt, dafs sie sich völlig opak zeigen, so können sie, leuchtenden Wärmequellen ausgesetzt, nur dunkle Strahlen durchlassen. Glas und Glimmer, beide schwarz und opak, können, leuchtenden Wärmequellen ausgesetzt, gleichfalls nur dunkle Strahlen durchlassen. Dennoch aber läfst eine gewöhnliche Glasplatte ungefähr die Hälfte der durch Glimmer oder schwarzes Glas gedrungenen Strahlen durch, von denen aber, durch geschwärztes Steinsalz gegangen sind, kaum einige Zehntel, und es giebt sonach nicht blofs verschiedene Arten mit Licht verbundener, sondern auch dunkler Wärmestrahlen. Man könnte hieraus folgern, die Schwärzung thermoskopischer Apparate verändere die Empfindlichkeit derselben, allein Melloni behauptet, durch Erfahrung gefunden zu haben, dafs eine Kienrufsschicht stets eine gleiche Menge Wärme durchlasse, von welcher Beschaffenheit auch die Wärmequellen bei jeder Intensität übrigens seyn mögen.

328) Wie schon bemerkt, war Forbes der Erste, welcher eine wirkliche *Polarisation* der Wärmestrahlen nachwies, nachdem Berard früher ein mit den Lichtstrahlen zusammenfallendes polarisches Verhalten derselben wahrgenommen, Melloni aber eine Polarisation durch Turmalinplatten für nicht stattfindend erklärt hatte. Forbes[1] machte die erste Reihe seiner Versuche im Anfange des Jahres 1835, die zweite ein

[1] On the Refraction and Polarisation of Heat. Edinburgh 1835. Researches on Heat. Edinb. 1836. gr. 4. Edinb. Phil Trans. Vol. Abgekürzt in Poggendorff's Ann. XXXV. 353. London and Phil. Mag. N. XXXII. p. 134. N. XXXIII. p. 205. N. XXXIV. p. N. XXXV. p. 366. N. LXXVIII. p. 545.

Jahr später bekannt; von beiden Abhandlungen verdient der wesentliche Inhalt hier mitgetheilt zu werden. Die von ihm angewandte thermoelektrische Säule war so fein, dafs die 30 zusammengelötheten Endenpaare nur 0,4 Quadratzoll Fläche einnahmen, die Erwärmung wurde nie weiter gebracht, als dafs die Nadel 15°, höchstens 20° Abweichung zeigte, und die Grade werden daher den Kräften proportional genommen. Um zugleich kleine Gröfsen mit Vermeidung der Parallaxe genau zu messen, wurde vermittelst eines kleinen Fernrohrs abgelesen, vor welchem eine Linse angebracht war, in deren Focus sich der bezügliche Theil der Scale befand, so dafs es möglich wurde, 0,1 eines Grades des von der Nadel durchlaufenen Bogens noch zu unterscheiden. Forbes wiederholte die meisten durch Melloni angegebenen Versuche und fand deren Bestätigung. Am auffallendsten war ihm das Verhalten des Steinsalzes, und es gelang ihm ohne Schwierigkeit, mit einem hieraus verfertigten Prisma das Maximum der Wärme im Sonnenspectrum aufzufinden. Auf gleiche Weise überzeugte er sich, dafs durch ein Prisma dieser Art auch die Strahlen aus dunklen Wärmequellen, selbst solchen, welche die Siedehitze des Wassers nicht erreichen, gebrochen werden; inzwischen ist dann ihre Dispersion so gering, dafs es höchst schwierig sey würde, das Maximum und die Abnahme der Wärme in einem *Wärmespectrum*[1] wahrzunehmen, was auch Melloni nicht zu erreichen vermochte. Dabei drängte sich die Frage auf, ob die der Brechung unterliegenden Wärmestrahlen auch eine doppelte Brechung erleiden; aber leider fehlt dem Steinsalz diese Kraft, und Doppelspath läfst zu wenig Wärme durch, als dafs es leicht wäre, vermittelst desselben zu einem genügenden Resultate zu gelangen.

3?9) Nachdem Forbes bei seinen ersten Versuchsreihen unzweideutige Beweise einer wirklich statt findenden Polarisation der Wärmestrahlen erhalten und sich in der Behandlung der ausnehmend delicaten Apparate mehr geübt hatte, nahm er die untersuchten Probleme abermals vor, um wo möglich noch schärfere Resultate zu erlangen. Eine Verbesserung seines Apparates bestand darin, dafs er das Fernrohr, welches zu

1 Dieser Ausdruck für die gebrochenen dunkeln Wärmestrahlen dürfte wohl ohne Widerrede Eingang finden.

Ablesen der von der Magnetnadel durchlaufenen Grade diente und mit der angegebenen Linse versehn war, an einem Stativ befestigte, um die Lage desselben unverrückt zu erhalten. Aufserdem versah er die Oeffnung der thermoelektrischen Säule mit einem konischen Reflector von 1,75 Z. Länge und 1,75 Z. Weite seiner vordern Oeffnung, um die mehr zerstreuten Strahlen auf die vereinten Löthstellen zu lenken. Vermittelst der von Melloni angegebenen Methode gelang es ihm, durch allerdings oft wiederholte delicate Versuche eine genaue Reduction der abgelesenen Grade des Thermomultiplicators auf wahre, unter sich gleiche Grade zu reduciren, wie sie in folgender Tabelle enthalten sind:

beobachtet	reducirt	beobachtet	reducirt
2	2,1	12	13,0
4	4,2	14	15,5
6	6,3	16	17,8
8	8,6	18	20,0
10	10,8	20	22,4

Nicht minder wählte er das gleichfalls von Melloni angegebene Mittel, nicht sowohl diejenigen Grade abzulesen, auf denen die Nadel stationär blieb, als vielmehr diejenigen, auf welche sie durch den ersten Impuls getrieben wurde. Gründe hierfür sind, weil zuerst Zeit gespart wird, zweitens weil die längere Einwirkung der Wärme den Nullpunct der Säule verrückt und überhaupt ihren richtigen Gang leicht abändert, und weil endlich drittens der Einfluss der durchgelassenen Wärme oder der *secundären Wärmestrahlung*, wie man dieses nennt, dadurch vermieden wird. Feine Versuche zeigten das Verhältnifs der durch beide Arten des Messens gefundenen Gröfsen.

Grade erste	Grade stationäre	Intensitäten	Grade erste	Grade stationäre	Intensitäten
1	1,2	1,20	12	13,20	14,40
2	2,3	2,35	14	15,30	16,90
4	4,5	4,65	16	17,40	19,35
6	6,7	7,10	18	19,45	21,75
8	8,9	9,60	20	21,50	24,30
10	11,1	12,05			

Digitized by Google

Wina oder **Wina-Kina**, Kinabalu, [illegible] Kina-Balu, Kina-Balu, Kina-Balu,

331) Die von Melloni aufgefundene eigenthümliche *Diathermansie* des grünen und schwarzen Glases läfst sich in Beziehung auf das Grün (bei Schwarz ist es an sich unmöglich) nicht auf die Farbe der Lichtquelle übertragen, denn Forbes färbte die Flamme des Alkohols roth durch salpetersauren Strontian, gelb durch Kochsalz, grün durch Boraxsäure, blau mittelst Anwendung von absolutem Alkohol, und erhielt folgende durch verschiedene Schirme von 100 durchgelassene Wärmestrahlen:

Farbe der Flamme	Durchgelassene Strahlen Alaun	Glas	Steinsalz
roth	11,0	26	85
gelb	11,5	28	87
grün	11,0	26	84
blau	10,0	30	83

Die Unterschiede sind so gering, dafs sie innerhalb der Fehlergrenze liegen und man daher der Farbe der Flamme den Einfluss nicht beilegen kann, den die Färbung der Medien bewirkt, wie auch wohl zu erwarten war.

332) Auch die schwierige Aufgabe, die *Polarisation durchgehender Wärmestrahlen* auszumitteln, wufste Forbes durch eine Reihe sinnreich eingerichteter Versuche zu lösen. Hierzu wählte er Glimmerblättchen, und da die Polarisation an den Oberflächen statt findet, dickere Massen aber viele Wärme verschlucken, es daher daran liegen mufste, sehr dünne Blättchen zu erhalten, so spaltete er dieselben anfangs mit einem Messer, nachher aber fand er, dafs Glimmerplatten, schnell in ein lebhaftes Feuer gehalten, durch die Ausdehnung der zwischen den Lamellen eingeschlossenen Luft in sehr dünne Blättchen zerspalten, deren man sich zu diesen Versuchen bedienen kann. Zur gröfseren Bequemlichkeit befestigt man sie in dem geeigneten Winkel von ungefähr 34° auf einem Bretchen, noch besser in einem hohlen hölzernen Cylinder, und da man zwei Blättchen haben mufs, so kann man die Cylinder, worin sie auf die geeignete Weise befestigt sind, so einrichten, dafs der eine in den andern gesteckt und beliebig durch alle Grade des Kreises um seine Axe gedreht wird. Vorläufige Versuche er-

Digitized by Google

gaben dann, dafs mehr Wärmestrahlen durchfielen, wenn die Flächen beider Blätter einander parallel waren, als wenn sie sich durchkreuzten, die nachher erhaltenen numerischen Werthe aber und die Art der Versuche zeigt folgende Uebersicht.

Argand'sche Lampe mit Schornstein und Reflector.

	Ablenkung.	Mittel.	Verhältnifs.
Parallel . . .	15°,60		
Kreuzend . .	4,20	— 15°,67 . . .	27:100
Parallel . . .	15,75		
Kreuzend . .	4,40		
Parallel . . .	15,95	— 15,85 . . .	28:100

Argand'sche Lampe ohne Reflector.

Parallel . . .	10°,40		
Kreuzend . .	3,00	— 10°,42 . . .	29:100
Parallel . . .	10,45		
Kreuzend . .	2,95		
Parallel	10,65	— 10,55 . . .	28:100

Glühendes Platinlöckchen.

Parallel . . .	11°,90		
Kreuzend . .	3,45	— 12°,42 . . .	28:100
Parallel . . .	12,95		
Kreuzend . . .	3,70		
Parallel	12,80	— 12,87 . . .	29:100

Dunkle Hitze vom Kupfer.

Parallel . . .	10°,55		
Kreuzend . .	4,05	— 10,57 . . .	38:100
Parallel . . .	10,60		
Kreuzend . . .	3,90		
Parallel	10,50	— 10,55 . . .	37:100

Im Mittel aus einer grofsen Zahl sorgfältiger Versuche ergab sich dann, dafs von den aus verschiedenen Quellen strömenden Wärmestrahlen folgende Mengen polarisirt werden.

Digitized by Google

Durch zwei Platten, I und K genannt.

Wärmequelle	Von 100 polarisirten Strahlen
Argand'sche Lampe	72 bis 74
glühendes Platin	72
heifses Kupfer 400° C.	63
desgleichen nach dem Durchgange durch Glas	72
Quecksilber in einem Gefäfse 210° C. heifs . .	48
Gefäfs mit siedendem Wasser	44

Durch zwei Platten, G und H genannt.

Argand'sche Lampe	82
glühendes Platin	70
heifses Kupfer 400° C.	68
desgleichen nach dem Durchgange durch Glas	73
Gefäfse mit siedendem Wasser	49

raus geht hervor, dafs die am stärksten wirkenden Platten nd H nicht weniger als 0,82 der aus gewissen Wärme-ellen auffallenden Wärmestrahlen zu polarisiren vermögen; s aber die Strahlen ungleicher Wärmequellen auch in un-icher Menge polarisirt werden, ergab sich aus vielen man-hfach abgeänderten Versuchen, die der Constatirung dieses einigen Punctes gewidmet wurden. Uebrigens stimmt dieses t dem Verhalten des Lichtes überein, denn so wie Strah-aus niedrigeren Wärmequellen weniger brechbar und we-er polarisirbar sind, wird auch das weniger brechbare Licht h Brewster weniger durch Platten, auf die es in dem ebenen Winkel fällt, polarisirt. Dabei eignet sich Glimmer zugsweise zu Polarisationsversuchen, theils wegen seiner gezeichneten Diathermansie, theils weil er sich in so aus-mend dünnen Platten darstellen läfst. Forbes vermochte och auch eine Polarisation durch dünne Steinsalzplatten mit allelen Oberflächen zu erhalten. Zwei Bündel, jedes aus i Platten bestehend, also mit sechs Flächen, polarisirten un-ähr ein Siebentel der Wärmestrahlen, welche in der paralle-Lage durchgingen, wenn der Einfallswinkel derselben un-ähr 55° betrug; waren aber alle 6 Platten in ein Bündel eint und wurde dann zugleich eins der Glimmerblätt-n mit angewandt, so wurde fast die Hälfte der Strahlen po-sirt.

Digitized by Google

333) Schon bei den zuerst bekannt gemachten Versuchsreihen bemühte sich Forbes, eine Polarisation der Wärmestrahlen durch *Reflexion* aufzufinden, was aufser andern Gründen auch deswegen sehr schwer ist, weil dabei die thermoelektrische Säule bewegt werden mufs; es gelang ihm jedoch zu unzweideutigen Resultaten zu gelangen. Hierdurch ermuthigt setzte er später die Versuche fort und bestimmte zuerst das Reflexionsvermögen einiger Körper, wobei er für einen Einfallswinkel von 45° folgende Reihe, vom stärksten anfangend, erhielt: polirtes Spiegelmetall; mit der Hand gespaltene dünne Glimmerblättchen; durch Hitze gespaltene Glimmerblättchen; dicke Glimmerblätter; dünn überfirnifstes Steinsalz; polirtes Steinsalz; Glas; Alaun. Letztere drei Substanzen, in Diathermansie so verschieden, hatten ein fast gleiches Reflexionsvermögen für Strahlen von erhitztem Kupfer; auch zeigten sie sich bei den von glühendem Platin ausgehenden Wärmestrahlen wenig verschieden, aufser dafs Glas unverkennbar über Alaun und selbst über Steinsalz zu stehen kam. Im Allgemeinen ist die Reflexion von metallischen Oberflächen ungefähr zwei- bis dreimal stärker, als von Glimmerblättchen, die durch Hitze gespalten sind, Glas, Alaun und Steinsalz reflectiren aber nur etwa den dritten oder vierten Theil so viel, als solche Glimmerblättchen. Hiernach eignen sich die letzteren vorzugsweise zu Versuchen dieser Art, und es ist leicht zu ermessen, warum die Versuche von Powell[1] und selbst die von Nobili[2] mit dem Thermomultiplicator mifslangen, weil Glas beinahe der schlechteste Reflector ist, aufserdem aber wenige Strahlen durchläfst, viele dagegen absorbirt, wodurch der Einfluss der durch Ausstrahlung mitgetheilten Wärme gesteigert wird.

334) Die wesentlichen Theile des Apparates[3], mit Weglassung mancher Hülfstheile, namentlich solcher, welche dazu dienten, jeden anderweitigen Einflufs der Wärmequelle auf den Thermomultiplicator zu entfernen, sind in der Zeichnung dargestellt, wobei nur zu bemerken ist, dafs sich die reflectirenden Glimmerblättchen A B und C D auf massiven hölzernen Unterlagen in hohlen hölzernen Kästchen befinden. Die Fläche A

Fig. 61.

1 Edinburgh Journ. of Sc. N. S. N. VI. p. 297. N. X. p. 206.
2 Bibliothèque universelle. 1834. Sept.
3 Vergl. Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XLI. p. 349.

Digitized by Google

macht mit dem Horizonte einen Winkel von 56°, so dafs die in einem Winkel von 34° auffallenden Strahlen in verticaler Richtung reflectirt werden. Die Axe des Thermomultiplicators wird dann in die Richtung der Linie F P gebracht, damit die Strahlen gerade auffallen, das untere Bret T U ist aber um den Punct T' in horizontaler Ebene drehbar, um die reflectirenden Ebenen einander parallel oder in jedem Winkel gegen einander geneigt zu stellen. Es ergab sich dann, dafs dunkle Wärmestrahlen vollständiger polarisirt werden, als die von einer Argand'schen Lampe, während die von einem glühenden Platindrahte ausgehenden beide übertreffen. Bei einem der Versuche bestanden die reflectirenden Platten aus 10 oder 12 mit dem Messer gespaltenen Glimmerblättchen und die Reflexionsebene war lothrecht auf den Hauptschnitt des Glimmers. Es wurden nun von 100 Strahlen polarisirt:

Argand'sche Lampe ohne Reflector 55,
Kupfer bis 400° C. erhitzt 61,
glühender Platindraht . . . . . 65.

Hieraus findet es wahrscheinlich, dafs der Einfallswinkel zu klein für die brechbareren Strahlen der Argand'schen Lampe und zu grofs für die minder brechbaren des erhitzten Kupfers, dagegen am geeignetsten für das heifse Kupfer war, woraus die Ungleichheit der Wirkung erklärbar seyn würde.

335) Aus den bisher erörterten Erscheinungen geht die Aehnlichkeit zwischen dem Verhalten des Lichts und der Wärme unverkennbar hervor, und es mufste sich daher die Frage aufdringen, ob die Wärmestrahlen ebenso, wie die Lichtstrahlen, einer doppelten Brechung unterliegen, mithin eine sogenannte *Depolarisation* der ersteren wie der letzteren statt finde. Um die vorliegende Aufgabe näher zu bestimmen, ist Folgendes zu bemerken. Wird das Licht durch Reflexion oder Refraction polarisirt, und sind dann beide Platten, die polarisirende und analysirende, der gewöhnlichen Polarisationsmaschine in einem rechten Winkel gegen einander gerichtet, so wird das Licht gänzlich verschluckt; man sieht ein ganz dunkles oder mindestens sehr dunkles Feld. Wird in dieser Lage ein Glimmerblättchen zwischen die beiden Platten lothrecht auf den polarisirten Strahl gebracht, so verschwindet das Licht nicht mehr, aufser in den beiden Lagen, wenn der Hauptschnitt des

Glimmerblättchens parallel zur Polarisationsebene oder lothrecht auf dieselbe ist; in allen andern Lagen gelangt Licht zum Auge. Dieses gilt für alle Dicken des Glimmerblättchens, so lange Licht von verschiedener Brechbarkeit verbunden ist; vollkommen homogenes Licht würde bei gewissen Dicken in jeder Lage zum Auge gelangen, d. h. es würde nicht depolarisirt werden. Um zu versuchen, ob ein gleiches Verhalten bei den Wärmestrahlen statt findet, müfste man ein Glimmerblättchen zwischen die polarisirende und analysirende Platte bringen, deren Einfallsebenen einen rechten Winkel mit einander bilden, und untersuchen, ob ein Unterschied des Erwärmens statt findet, wenn der Hauptschnitt des Glimmerblättchens parallel zur Polarisationsebene ist oder einen Winkel von 45° damit bildet. Bei der Anwendung zweier Glimmerbündel, E und F genannt, von der bereits beschriebenen Art, deren Ebenen rechtwinklig auf einander gerichtet waren, gaben die Strahlen des heifsen Kupfers, wenn der Hauptschnitt des zwischengebrachten Glimmerblättchens mit der Polarisationsebene zusammenfiel oder einen Winkel von 45° damit bildete (wobei im ersten Falle die Depolarisation ein Minimum, im zweiten ein Maximum war), folgende Verhältnisse:

100:120; 100:110; 100:122; 100:125.

Die bereits genannten Polarisationsplatten C und D gaben:

100:118; 100:120; 100:120; 100:113.

Glühendes Platin giebt, wie bemerkt, vorzugsweise polarisirbare Strahlen, die dann auf gleiche Weise stark depolarisirt werden. Hiermit zeigten sich unter den angegebenen Bedingungen folgende Verhältnisse:

100:126; 100:138; 100:138.

Inzwischen ergab sich aus unzweideutigen Erscheinungen, insbesondere aus der momentan erfolgenden Bewegung der Galvanometernadel bei der Beobachtung derselben durch das nach einer verbesserten Art montirte Fernrohr, wenn das in den polarisirten Strahl gebrachte Glimmerblättchen um 45° gedreht wurde, dafs selbst Wärmestrahlen von geringer Temperatur depolarisirt wurden, ohne dafs die gleichzeitig vorhandene Lichtmenge irgend einen Einflufs äufserte. Eine Argand'sche Lampe mit Glasschornstein wurde durch rothglühendes, also nicht eigentlich leuchtendes, Platin übertroffen, die polarisirten Strahlen

d by Google

des heifsen Kupfers wurden depolarisirt und ebenso auch diejenigen, welche von einem eisernen Gefäfse mit Quecksilber bis 260° C. erhitzt ausströmten, wie nicht minder unverkennbar, wenn die Hitze des letzteren bis 105° C. herabging, worauf der Versuch mit siedendem Wasser angestellt wurde und gleichfalls gelang. Von 157 Versuchen, deren 92 mit unsichtbaren Wärmestrahlen angestellt wurden, gab nur einer kein Resultat und einer ein negatives. Andere depolarisirende Körper zu wählen war allerdings von grofsem Interesse, allein Selenit, welcher gleichfalls in dünne Blätter spaltbar ist, verschluckt so viele Wärme, dafs sich nur bei der Anwendung von glühendem Platin schwache Wirkungen zeigten; unzweideutig dagegen war die depolarisirende Eigenschaft bei Turmalinblättchen. Hieraus geht also hervor, dafs die Wärmestrahlen einer *doppelten Brechung* fähig sind und dafs die zwei Bündel in entgegengesetzten Ebenen polarisirt werden.

336) Durch das Gelingen dieser Versuche ermuthigt suchte Forbes auch das quantitative Verhältnifs der beiden, durch doppelte Brechung erhaltenen Wärmestrahlenbündel auszumitteln, was im Grunde leichter ist und schärfere Messung gestattet, als bei den Lichtstrahlen. In Beziehung auf das Licht finden bekanntlich folgende Gesetze statt. Wenn die beiden Platten des Polarisationsapparats, die polarisirende und die analysirende, beide in der Polarisationsebene liegend einander parallel sind, so gelangt alles polarisirte Licht zum Auge, sind sie aber um einen rechten Winkel gegen einander gerichtet (durchkreuzen sie sich), so verschwindet dasselbe. Bringt man alsdann in den polarisirten Strahl eine Krystallplatte, deren Axe einen Winkel von 45° mit der Polarisationsebene bildet, so geht im ersten Falle, wenn die beiden polarisirenden Platten einander parallel sind, ein Theil des Lichtes verloren, im zweiten aber, wenn beide Platten sich kreuzen, wird ein gleicher Theil gewonnen, beide Male durch Depolarisation. Beide Mengen des Lichtes sind einander gleich und die Strahlenbündel correspondiren dem ordinären und extraordinären Bilde in einem analysirenden Prisma von Doppelspath. Nennen wir daher beide Intensitäten O^2 und E^2, die ganze Menge des polarisirten Lichtes aber oder den Werth von O^2, wenn beide Platten einander parallel sind, F^2, in welchem Falle dann

Digitized by Google

$E^2 = 0$ ist, so mufs stets bei jeder Lage des depolarisirenden Krystalls

$$O^2 + E^2 = F^2; \quad E^2 = F^2 - O^2; \quad O^2 = F^2 - E^2$$

seyn, indem durch Depolarisation für den einen gewonnen wird was für den andern verloren geht. Eine zahlreiche Versuchsreihe zeigte, dafs ebendieses bei den Wärmestrahlen statt findet, wie folgende Uebersicht der bedeutendsten und genauesten unter ihnen angiebt, worin E^2 die Zunahme des aufserordentlichen, $F^2 - O$ die Abnahme des ordentlichen Strahlenbündels beides durch die depolarisirende Wirkung der in den polarisirten Strahl gebrachten Krystallplatte bezeichnen.

Wärmequelle	Glimmerplatte	E^2 Zahl der Vergleichungen	E^2 Grade des Thermomult.	$F^2 - O^2$ Zahl der Vergleichungen	$F^2 - O^2$ Grade des Thermomult.
Quecks. unter 260° C.	Nr. 2	5	0°,28	6	0°,26
Kupfer, ungefähr 400° C.	Nr. 1	4	0°,46	4	0°,32
	Nr. 1	4	0,35	4	0,55
	Nr. 1	4	0,51	4	0,52
	Nr. 1	4	0,59	5	0,78
	Nr. 2	4	0,44	5	0,40
	Nr. 2	7	0,75	7	0,70
Mittel	—	27	0,517	29	0,545
glühendes Platin	Nr. 1	3	2°,12	3	2°,14
	Nr. 1	4	2,22	4	2,52
	Nr. 1	4	2,01	5	2,13
	Nr. 2	6	2,38	6	2,50
Mittel	—	17	2,18	18	2,32
Argand'sche Lampe mit Schornstein	Nr. 1	4	0°,97	4	1°,00
	Nr. 2	4	1,90	4	1,74
Mittel	—	8	1,43	8	1,37

Diese Resultate stimmen so genau überein, als man von Versuchen dieser Art erwarten darf, und zeigen, dafs zwischen den ordinären und extraordinären Bündeln doppelt gebrochener Wärmestrahlen ein gleiches Verhältnifs obwaltet, als bei den Lichtstrahlen unter gleichen Bedingungen.

Für die Lichtstrahlen giebt Fresnel folgende Formeln an:

Digitized by Google

$$O^2 = F^2 \left\{ 1 - \text{Sin.}^2 2i \, \text{Sin.}^2 \pi \left(\frac{o - e}{\lambda} \right) \right\},$$

$$E^2 = F^2 \left\{ \text{Sin.}^2 2i \, \text{Sin.}^2 \pi \left(\frac{o - e}{\lambda} \right) \right\},$$

rin i den Winkel zwischen der Polarisationsebene und der xe des in den Strahl gebrachten depolarisirenden Krystall-ättchens, o — e den Unterschied der Verzögerungen des or-entlichen und aufserordentlichen Strahlenbündels im depola-irenden Krystalle und λ die Länge einer Undulation be-eichnen.

337) Durch die Wichtigkeit der Resultate, wozu diese etrachtungen führen, wurde Forbes bewogen, diese Aufgabe einer dritten Abhandlung[1] noch weiter zu verfolgen. Kennt man nämlich die durch eine Platte von gegebener Dicke depo-nirte Menge von Licht oder bei statt findender unverkenn-arer Analogie die Menge der Wärme und zugleich die Länge er Wärmewellen, so läfst sich daraus die Verzögerung oder e Stärke der Doppelbrechung finden, umgekehrt aber, wenn e letztere bekannt ist, vermag man die Länge der Wär-ewellen zu erhalten. Letzteres Problem ist bei weitem das chtigere, und es war daher der Mühe werth, dasselbe unter r Voraussetzung zu lösen, dafs die Verzögerung der Wär-estrahlen der für die Lichtstrahlen aufgefundenen gleich sey. bei ist jedoch wohl zu berücksichtigen, dafs die Depolari-ion bei gleicher Wellenlänge gleich seyn kann bei verschie-ener Dicke der Glimmerblättchen und verschiedener Verzöge-ung, und zweitens, dafs alle Wärmequellen heterogene Strah-n liefern, deren jeder seine eigene Wellenlänge haben kann, rswegen also keine vollkommene Uebereinstimmung der durch obachtung erhaltenen Resultate mit der Formel zu erwarten cht, in welcher die Gleichheit der Wellenlänge λ angenom-en wird.

338) Dieses vorausgesetzt konnte die Gröfse o — e durch Auf-ehung derjenigen Farbe aus der Reihe der Newton'schen Farben-

1 Edinb. Philos. Trans. T. XIV., daraus in Poggendorff's Ann. B. V. 75. London and Edinb. Phil. Mag. N. LXXX. p. 97. N. LXXXI. p. 180.

Digitized by Google

ordnungen aufgefunden werden, welche die Blättchen zeigte wenn sie in den polarisirten Lichtstrahl gebracht wurden, wo bei dann die Verzögerung dem doppelten Abstande zweier Glas platten von einander gleich ist, zwischen denen die zugehörig Newton'sche Farbe entsteht. Zeigte z. B. ein Blättchen i polarisirten Lichtstrahle das Roth erster Ordnung der Newton' schen Tafel, so wäre die Verzögerung o — e = 0,00002 Zol Forbes untersuchte 5 Glimmerblättchen auf die angegeben Weise, und fand:

Farbe	Verzögerung in Mil lionteln eines Zolles
Nr. 1. Weifs ins Gelbliche fallend	12
Nr. 2. Tief blau	28
Nr. 3. Purpurblau	43
Nr. 4. Zwischen Roth und Orange . . .	36
Nr. 5. Nelkenroth	80

Die hieraus hervorgehenden relativen Dicken[1] wurden, mit Ausnahme der ersten, annähernd durch Messungen mit einem v Troughton verfertigten Tasterzirkel bestätigt:

Nr. 1	zeigte	eine	Dicke	von	0,0026	Zoll
Nr. 2	—	—	—	—	0,0044	—
Nr. 3	—	—	—	—	0,0074	—
Nr. 4	—	—	—	—	0,0060	—
Nr. 5	—	—	—	—	0,0157	—

1 Newton's Messungen sind ausnehmend genau und obendr durch wiederholte Prüfungen in neuester Zeit bestätigt worden. M könnte also durch dieses Mittel die Dicke der Blätter sehr genau fi den, wenn nur nicht die Schwierigkeit im Wege stände, die eigen lichen Farben, ob sie der ersten oder einer der folgenden Ordnung zugehören, mit genügender Sicherheit zu bestimmen, wozu ein a den Unterschied der Farben sehr geübtes Auge gehört. Maler könne dieses am besten, wovon mich der hier verstorbene Roux überzeugt Es giebt aber ein sehr gutes Hülfsmittel der Controle. Hat man ei Farben, etwa der ersten Ordnung, gefunden, so darf man nur di Summe ihrer Dicken nehmen und nachsehen, welcher Farbe einer weit ren Ordnung diese zugehört, sie dann auf einander legen und ver suchen, ob sie die dieser Dicke zugehörige Farbe geben, in welche Falle beide Bestimmungen höchst wahrscheinlich richtig sind.

Forbes wählte für die in den polarisirten Strahl gebrachten Glimmerblättchen stets die Lage, dafs sie mit der Polarisationsebene einen Winkel von 45° bildeten, mithin verwandelt sich die von Fresnel angegebene Formel

$$E^2 = F^2 \left[\text{Sin.}^2 2i \, \text{Sin.}^2 \pi \left(\frac{o - e}{\lambda} \right) \right]$$

in die einfachere

$$E^2 = F^2 \, \text{Sin.}^2 \pi \left(\frac{o - e}{\lambda} \right)$$

und diesemnach ist

$$E^2 = F^2 \, \text{Sin.}^2 \, 180^\circ \left(\frac{o - e}{\lambda} \right),$$

also

$$\frac{E^2}{F^2} = \text{Sin.}^2 \, 180^\circ \left(\frac{o - e}{\lambda} \right), \text{ und } O^2 = F^2 - E^2.$$

Forbes stellte zur Auffindung von $\frac{E^2}{F^2}$ verschiedene Versuche an, wobei er als Wärmequelle eine Argand'sche Lampe und dünnes Kupfer[1] in Anwendung brachte. Da ferner die Glimmerblättchen Nr. 3 und 4 nahe dieselbe Dicke hatten, mithin auch auf gleiche Weise depolarisirten, so wurde die vereinte Dicke von Nr. 2 und 3 als Mittelglied zwischen Nr. 3 und 5 eingeschoben. Die polarisirende und die analysirende Platte bildeten die durch I und K bezeichneten Bündel von Glimmerblättchen. Auf diese Weise wurden die in folgenden Tabellen zusammengestellten Gröfsen gefunden.

---

1 Melloni giebt an, bis etwa 390° oder 400° C. erhitztes Kupfer gebraucht zu haben; Forbes, welcher sich der nämlichen Wärmequelle bedienen wollte, nennt diese später meistens Messing von etwa 700° F. (371°,11 C.). Weil die Wärmequellen, wie beide Gelehrte sie in Anwendung brachten, identisch seyn sollen, die Engländer aber zwischen Messing und Kupfer, wenn es darauf nicht wesentlich ankommt, nicht gern zu unterscheiden pflegen, so habe ich die Bezeichnung Melloni's beibehalten.

Digitized by Google

1) Argand'sche Lampe; Glimmerblättchen Nr. 3.

Neigung der Platte K gegen Platte I	Neigung des Glimmer-blättchens	Grade der Magnet-nadel	Polarisa-tion F^2	Depolari-sation E^2
0°	0°	11°,90	8°,45	
90	0	3,45	....	+ 5°,35
90	45	8,80		
0	45	6,75	....	− 5,35
0	0	12,10	8,35	
90	0	3,75		
90	45	8,80	....	+ 5,05
0	45	6,70	....	− 5,35
0	0	12,05	8,35	
90	0	3,70		
		Mittel	8,38	5,27

2) Heifses Kupfer; Glimmerblättchen Nr. 3.

0	0	5°,25	3°,25[1]	
90	0	2,00	....	+ 3°,75
90	45	5,75		
0	45	2,15	....	− 3,80
0	0	5,95	4,00	
90	0	1,95		
90	45	5,75	....	+ 3,80
0	45	2,60	....	− 3,30
0	0	5,90	3,95	
90	0	1,95		
90	45	5,65	....	+ 3,70
0	45	2,30	....	− 3,50
0	0	5,80	4,00	
90	0	1,80		
		Mittel	3,98	3,64

1 Die Lampe unter dem Kupfer war eben angezündet, und die Gröfse scheint daher zu klein, weswegen sie im Mittel weggelassen i

Digitized by Goog

339) Werden die hier gefundenen mittleren Werthe für die Gleichung

$$\frac{E^2}{F^2} = \text{Sin.}^2 180^\circ \frac{o - e}{\lambda}$$

benutzt, und nimmt man also:

$$\frac{o - e}{\lambda} = \frac{\text{Arc.}\left(\text{Sin.} \sqrt{\frac{E^2}{F^2}}\right)}{180^\circ},$$

wo die Wurzelgröfse ein doppeltes Zeichen erhält, so geschieht der Gleichung Genüge, wenn $\frac{o - e}{\lambda}$ gleich ist einem Bruche a oder $1 - a$; $1 + a$ oder $2 - a$; $2 + a$ oder $3 - a$; $3 + a$ u. s. w. Die mitgetheilte Tabelle giebt bei Anwendung der Argand'schen Lampe

$$\frac{E^2}{F^2} = \frac{5{,}27}{8{,}38} = 0{,}629; \quad \sqrt{\frac{E^2}{F^2}} = \pm 0{,}793,$$

also

$$\frac{o - e}{\lambda} = 0{,}29 \text{ oder } 0{,}71 \text{ oder } 1{,}29 \text{ oder } 1{,}71 \text{ u. s. w.}$$

für das heifse Kupfer war

$$\frac{E^2}{F^2} = \frac{3{,}64}{3{,}98} = 0{,}915; \quad \sqrt{\frac{E^2}{F^2}} = \pm 0{,}957,$$

also

$$\frac{o - e}{\lambda} = 0{,}41 \text{ oder } 0{,}59 \text{ oder } 1{,}41 \text{ oder } 1{,}59 \text{ u. s. w.}$$

Der wahre Werth von $\frac{o - e}{\lambda}$ mufs aber der seyn, welcher bei der Anwendung mehrerer Platten gleichförmig mit ihrer Dicke wächst. Die folgende Tabelle enthält die mit Platten von ungleicher Dicke gefundenen Gröfsen.

Digitized by Google

1) Argand'sche Lampe.

Depolarisirte Platte	$\frac{E^2}{F^2}$	Werthe von $\frac{o-e}{\lambda}$.
Nr. 1.	$\frac{2°,15}{7,38} = 0,291$	0,18; 0,82; 1,18.
Nr. 1.	$\frac{1,91}{6,67} = 0,286$	
Nr. 2.	$\frac{5,65}{8,53} = 0,662$	0,30; 0,70; 1,30.
Nr. 3.	$\frac{5,27}{8,38} = 0,629$	0,29; 0,71; 1,29.
Nr. 2 und 3.	$\frac{2,07}{5,55} = 0,373$	0,21; 0,79; 1,21.
Nr. 5.	$\frac{1,31}{4,38} = 0,299$	0,185; 0,815; 1,18
Nr. 5.	$\frac{1,44}{4,83} = 0,298$	

2) Glühendes Platin.

Nr. 1.	$\frac{2°,00}{7,60} = 0,264$	0,17; 0,83; 1,1
Nr. 1.	$\frac{1,90}{7,68} = 0,248$	0,165; 0,835; 1,16
Nr. 2.	$\frac{4,66}{7,31} = 0,638$	0,30; 0,70; 1,3
Nr. 3.	$\frac{5,02}{6,70} = 0,749$	0,335; 0,665; 1,33
Nr. 4.	$\frac{5,63}{7,08} = 0,795$	0,35; 0,65; 1,3
Nr. 2 und 3.	$\frac{1,48}{4,66} = 0,318$	0,19; 0,81; 1,1
Nr. 5.	$\frac{1,35}{6,36} = 0,212$	0,15; 0,85; 1,1

Digitized by Google

3) Heifses Kupfer.

Nr. 1.	$\frac{1,94}{7,35} = 0,264$	0,17; 0,83; 1,17....
Nr. 2.	$\frac{3,17}{4,18} = 0,764$	0,34; 0,66; 1,34....
Nr. 3.	$\frac{3,64}{3,98} = 0,915$	0,41; 0,59; 1,41....
Nr. 2 und 3.	$\frac{1,01}{3,38} = 0,299$	0,185; 0,815; 1,185....
Nr. 5.	$\frac{0,62}{4,89} = 0,127$	0,115; 0,885; 1,115....

340) Forbes nimmt für jede Wärmequelle die Dicke der Blättchen zu Abscissen, setzt darauf rechtwinklig die zugehörigen Werthe von $\frac{o - e}{\lambda}$ als Ordinaten, und zieht dann eine gerade Linie, welche die Endpuncte einer der drei zu jeder Abscisse gehörenden Ordinaten schneidet oder ihnen am nächsten kommt, findet aber, dafs die auf diese Weise für die drei Wärmequellen erhaltenen Interpolationslinien, welche die der Dicke der Platten proportionalen Werthe von $\frac{o - e}{\lambda}$ darstellen sollten, gleiche Winkel mit der Abscissenlinie bilden. Hieraus schliefst er, dafs man niemals hoffen dürfe, auf diesem Wege die ungleichen Wellenlängen dieser Wärmequellen zu bestimmen, da λ entweder sehr wenig oder beständig proportional mit der Veränderung von $o - e$ sich verändert. Alle drei Wärmequellen geben sehr nahe denselben Werth für $\frac{o - e}{\lambda}$, nämlich 1,4 für ein 0,02 Zoll und 0,07 für ein 0,001 Zoll dickes Glimmerblättchen, wogegen das verschiedenfarbige Licht merklich verschiedene Werthe giebt. Vergleichen wir beide mit einander, so ist die Summe der oben angegebenen Verzögerungen in den fünf Glimmerblättchen in Millionsteln eines Zolles $= 12 + 28 + 43 + 36 + 80 = 199$, also 0,000199 Zoll, die Summe der Dicken dieser Blättchen $= 0,0361$ Zoll, folglich ist der mittlere Werth der Verzögerung $o - e$ für eine Glimmerplatte von 0,001 Zoll $= \frac{0,000199 \times 0,001}{0,0361} = 0,0000055$. Es

ist aber λ für das äufserste Roth = 0,0000266 und für das äufserste Violett = 0,0000167, mithin sind die Werthe von $\frac{o-e}{\lambda}$ für ein Glimmerblättchen von 0,001 Zoll Dicke

beim äufsersten rothen Lichte $= \frac{55}{266} = 0{,}207$,

beim äufsersten violetten Lichte $= \frac{55}{167} = 0{,}329$,

bei den Wärmestrahlen — — — = 0,07.

Unter der Voraussetzung also, dafs die Verzögerung o—e für alle Wellenlängen sowohl beim Lichte als auch bei der Wärme gleich sey, ergiebt sich hieraus der Werth von λ oder die *Länge der Wärmewellen*. Es ist nämlich $\frac{o-e}{\lambda} = 0{,}07$, und wenn also $o - e = 0{,}0000055$ angenommen wird, so ist

$$\lambda = \frac{o-e}{0{,}07} = \frac{0{,}00055}{7} = 0{,}000079 \text{ Zoll},$$

was ungefähr dreimal so lang, als eine Welle des rothen Lichtes, und ungefähr 4½mal so lang, als die des violetten Lichtes ist. Dieses Resultat würde das nämliche bleiben, wenn in dem Verhältnifs $\frac{o-e}{\lambda}$ die Verzögerung o — e veränderlich wäre und nicht bleibend, wie angenommen worden ist. Wäre aber nicht λ gröfser, sondern o — e kleiner bei der Wärme als beim Lichte, so müfste die Doppelbrechung schwächer seyn, also eine gröfsere Dicke des Glimmerblättchens erfordert werden, um einen gegebenen Effect hervorzubringen.

Wir haben diese gehaltreichen Untersuchungen in derjenigen Ausführlichkeit mitgetheilt, welche die Wichtigkeit derselben erfordert, besonders wenn man berücksichtigt, dafs hierin ein Weg betreten worden ist, welcher eine endliche genügende Aufklärung der bisher so dunklen Wärmelehre hoffen läfst. Minder nothwendig scheint uns eine gleiche Ausführlichkeit der Mittheilung der fortgesetzten Untersuchungen des ebenthätigen als scharfsinnigen englischen Physikers zu seyn, und möge daher eine kurze Angabe der wesentlichsten aufgefundenen Resultate genügen.

341) Eine zu den wichtigsten gehörende Reihe von Versuchen war der Aufgabe gewidmet, die *Brechungsverhält*

Digitized by Google

nisse ungleicher Wärmestrahlen aufzufinden, wozu aus angegebenen Gründen Prismen aus Steinsalz sich vorzugsweise eignen. Wie oben (§. 318) erwähnt wurde, versuchte bereits Melloni dieses Problem mittelst eines Thermomultiplicators zu lösen, welcher aus einer einzigen Reihe in verticaler Linie über einander liegender, thermoelektrischer Elemente bestand, ohne jedoch hiermit zum gewünschten Ziele zu gelangen. Forbes verwarf diesen Apparat und bediente sich eines andern, welcher so eingerichtet war, dafs die Brechungswinkel aus den Winkeln bestimmt wurden, bei denen die Brechung in Zurückstrahlung übergeht. Welche Vorrichtung die bessere sey, dürfte wohl erst durch fortgesetzte Prüfungen zu ermitteln seyn; vor der Hand scheint es, als habe der französische Gelehrte nicht gleiche Beharrlichkeit bei den allerdings sehr feinen Versuchen bewiesen, als der englische, dessen erlangte Resultate übrigens keineswegs vollkommen befriedigen. Inzwischen sind die Folgerungen, die er aus allen seinen Untersuchungen abgeleitet, für die Wärmelehre von höchster Wichtigkeit[1]. Hiernach ist die mittlere Brechbarkeit der Strahlen verschiedener Wärmequellen sehr wenig, bei den Versuchen kaum oder gar nicht wahrnehmbar, verschieden, und beträgt beim Steinsalz 1,51 bis 1,54, also nur wenig verschieden von der des Lichts, welche beim Steinsalz für die äufsersten Strahlen zu 1,54 und 1,57 angenommen wird. Eingeschaltete Substanzen wirken dagegen desto stärker und dienen nach den bis jetzt bekannten Versuchen im Allgemeinen dazu, die Brechbarkeit zu vermindern. Zugleich scheinen die dunklen Wärmestrahlen homogener zu seyn, als die leuchtenden. Aus der Gesammtheit seiner Untersuchungen entnimmt Forbes einige sehr wichtige Folgerungen: 1) Die Ungleichheit der Polarisirbarkeit der Wärmestrahlen, wie sie bei den Lichtstrahlen nicht angetroffen wird, neben dem geringen Unterschiede ihrer Brechbarkeit, macht es höchst wahrscheinlich, dafs für die Wärme eine in mancher Beziehung andere mechanische Theorie aufgesucht werden müsse, als für das Licht. 2) Ebendieses folgt aus den Erscheinungen der Depolarisation, welche denen des Lichts zwar dem Wesen nach ähnlich sind, numerisch aber bedeutend von ihnen abweichen. In dieser Beziehung mufs nach den eben

1 Poggendorff's Ann. XLV. 442.

Digitized by Google

mitgetheilten Resultaten angenommen werden, entweder dafs die Wärmewellen mehrmal länger sind, als die des Lichtes, oder dafs die Geschwindigkeit der ordentlichen und aufserordentlichen Strahlen in doppelt brechenden Krystallen gänzlich von der des Lichtes verschieden sey, oder endlich dafs beides zugleich statt finde. Forbes giebt der zweiten dieser Hypothesen den Vorzug, da die Versuche über die Brechungsverhältnisse zu zeigen scheinen, dafs die mittlere Länge der Wärmewellen von der Länge der Lichtwellen nicht bedeutend abweichen könne. Es scheint dieses auch daraus hervorzugehn, dafs die Gleichheit der Depolarisation und der Brechbarkeit der Strahlen aus verschiedenen Wärmequellen höchst unwahrscheinlich würde, wenn die Wellenlänge in diesen Fällen bedeutend verschieden wäre.

342) Wie oben (§. 319) erwähnt wurde, fand Melloni die Polarisation der Wärmestrahlen durch Turmalinplatten anfangs nicht; als dieses aber durch Forbes in so vollendeter Weise geschehn war, nahm er in Verbindung mit Biot, welcher einen so bedeutenden Antheil an seinen früheren Versuchen hatte, das Problem wieder auf und gelangte zu einer sehr vollständigen Lösung desselben[1]. Um die Messungen möglichst zu verfeinern, legte er unter die mit der Kreistheilung versehene Scheibe der nicht absolut astatischen Doppelnadel eine Kupferscheibe, welche die Oscillationen derselben verminderte und das schnellere Einstellen auf 0 beförderte, aufserdem also bedeckte er die thermoelektrische Säule mit einem umgekehrten auf Baumwolle ruhenden Kasten, weil die Luftströmungen einen merkbaren Einfluss auf sie äufserten. Eine Oeffnung worin Blendungen verschiedener Gröfse eingesetzt wurden, verstattete den Wärmestrahlen den Zugang zur Säule, während die Luft im Kasten unbewegt blieb und also gleichmäfsig auf beide Enden der Säule wirkte. Zum Ueberfluss bestätigte er aufserdem vorläufig den durch Brcquerel[2] aufgefundenen und daher früher auch von ihm als richtig angenommenen Satz

1 Poggendorff's Ann. XXXIX. 1. XL. 13. 257. Ann. de Chim. et Phys. T. LXI. p. 375. T. LXV. p. 5. Ueber die Einrichtung der Versuche mit Turmalinplatten vergl. Bibl. univ. 1835. p. 367. L'Institut 1835. N. 142. Poggendorff's Ann. XXXVII. 218. 494.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXI. p. 375. Poggendorff's Ann. IX. 345.

Digitized by Google

die Beobachtungen der Natur von Wissenschaft gespielend zu machen, und sie in Ordnung zu bringen. Ich will nicht sagen, daß ich es in diesem Stücke weit gebracht habe, ich bin es selbst dem Wunderlichen, das mich bei meinen Arbeiten begleitet, schuldig, zu gestehen, daß ich mich oft in Irrgängen verwickelt habe, aus denen ich mich nicht herausfinden konnte, und daß ich, wenn ich mich nicht durch Zufall, oder durch Hülfe anderer, wieder herausgefunden hätte, noch jetzt darin herumirren würde. Indessen habe ich doch einige Ordnung in meine Beobachtungen gebracht, und ich will sie hier, so gut ich kann, vortragen.

Ich habe gefunden, daß die Mondwechsel, welche ich hier beobachtet habe, in Ansehung ihrer Zeit, mit den Mondwechseln, welche Herr Bonnet in Genf beobachtet hat, übereinstimmen, und daß sie, wie diese, in Ansehung ihrer Zeit, mit den Veränderungen, welche der Mond in seinen Erscheinungen hat, in Verbindung stehen. Ich habe gefunden,

343) Melloni benutzte neun Paare von Turmalinplatten, die das Licht fast vollständig polarisirten, d. h. sämmtlich durchliefsen, wenn ihre Axen parallel waren, und fast gänzlich absorbirten, wenn diese sich durchkreuzten. Folgende Tabelle zeigt die erhaltenen Resultate, worin die letzte Columne den Polarisationsindex in Hunderteln der beim Parallelismus der Axen durchgelassenen Wärmemengen angiebt. Als Wärmequelle diente die früher gebrauchte gemeine (Locatelli'sche) Lampe.

Nr.	Farbe der Turmalinblättchen	Wärmedurchlafs: parallele Axen Bogen	parallele Axen Kräfte	rechtwinklige Axen Bogen	rechtwinklige Axen Kräfte	Polarisation
1	dunkelgrün	30°,56	27,50	29°,78	26,48	3,71
2	bläulichgrün . . .	29,81	26,51	28,22	24,60	7,20
3	blaugrün	32,35	29,40	30,11	26,90	8,50
4	gelblichgrün . . .	31,42	28,51	29,32	25,89	9,19
5	gelblichgrün . . .	33,23	30,18	30,01	26,77	11,30
6	gelbgrün	31,96	29,07	29,11	25,61	11,90
7	röthlichbraun . . .	29,89	26,62	25,32	21,88	17,72
8	schmuzig violett .	30,69	27,67	25,45	22,00	20,48
9	fahlgelb	31,27	28,37	25,60	22,16	21,89

Es verdient bemerkt zu werden, dafs der Impulsionsbogen im Mittel aus mehreren Beobachtungen, abwechselnd bei parallelen und sich kreuzenden Glimmerblättchen, genommen wurde, um die etwa vorkommenden Fehler auszumerzen, doch war der Apparat so fein construirt, dafs die Unterschiede der Bogen selten mehr als 0,02 betrugen. Die letzte Columne enthält den Polarisationsindex, d. h. den Wärmeantheil, welcher bei der Kreuzung der Platten verschwindet, bezogen auf die Menge welche beim Parallelismus derselben durchfällt. So giebt die erste Platte bei parallelen Axen 27,5, bei rechtwinklig gekreuzten 26,48; der Unterschied 1,02 zeigt die durch Polarisation verlorene Menge. Um sie auf 100 zu reduciren, hat man

$$26{,}48 : 1{,}02 = 100 : x \text{ und } x = 3{,}71.$$

344) Melloni vermuthete, dafs die ungleiche Polarisation von der ungleichen Diathermansie der verschiedenen Turmalinplatten herrühre, und um dieses auszumitteln, befestigte er Platten verschiedener Substanzen vor demjenigen Turmalinpaar Nr. 9, welches die meisten Strahlen durchliefs, und sorgte dafür, dafs die bei parallelen Axen durchfallende Wärmemenge

Digitized by Google

möglichst gleich war. Die folgende Tabelle enthält die gefundenen Gröfsen.

Eingeschaltete Platten	Dicke Millim.	Durchgelassene Wärme: parallele Axen Bogen	parallele Axen Kräfte	durchkreuzende Axen Bogen	durchkreuzende Axen Kräfte	Polarisation
keine	0,00	17°,37	15,06	13°,47	11,76	21,91
Glas, farblos . .	1,85	17,93	15,53	13,94	12,15	21,79
— roth . . .	1,80	16,75	14,54	13,04	11,40	21,57
— orange . .	1,87	17,21	14,93	13,31	11,66	21,90
— gelb . . .	1,79	17,83	15,45	13,84	12,07	21,89
— blau . . .	1,83	17,59	15,24	13,66	11,92	21,78
— indigblau .	1,78	17,29	14,99	13,44	11,74	21,68
— violett . .	1,81	16,81	14,59	13,02	11,39	21,92
— bläulichgrün	0,74	16,99	14,74	15,95	13,86	5,95
— desgl. . .	1,93	17,32	15,02	16,85	14,62	2,76
— schwarz . .	0,81	17,55	15,21	16,76	14,55	4,35
— desgl. . .	1,98	17,80	15,42	17,52	15,19	1,51
Schwerspath . . .	2,60	17,10	14,83	13,18	11,52	22,30
Gyps	2,71	16,95	14,71	10,54	9,18	37,63
Rüböl	8,49	16,97	14,72	10,40	9,05	38,50
weins. Kalinatron	2,50	17,39	15,08	9,49	8,26	45,21
ges. Salzlösung .	8,49	17,49	15,16	5,78	5,06	66,60
— Alaun . . .	8,49	17,56	15,22	5,81	5,08	66,63
— Weinsäure .	8,49	17,39	15,08	5,76	5,04	66,59
— desgl. . . .	0,74	16,96	14,72	10,76	9,38	36,31
Wasser	8,49	16,77	14,55	5,54	4,85	66,67
desgl. . . .	0,74	17,20	14,92	10,91	9,50	36,27
Bernstein . . .	3,08	17,23	14,94	8,35	7,29	51,23
Alaun	2,58	16,98	14,73	0,58	0,52	95,81

Es geht aus den hier gefundenen Gröfsen hervor, dafs in Folge der Einschaltung verschiedener Körper in den Strahlenkegel der Wärmestrahlen diese eine gewisse Modification erhalten, vermöge welcher die Turmalinplatten von 100 Strahlen, die sie bei parallelen Axen durchlassen, eine ungleiche Menge bei durchkreuzenden Axen verschlucken, dafs also eine ungleiche Polarisation derselben statt findet. So wie also die verschiedenen diathermanen Körper vermöge ungleicher Diathermansie eine ungleiche Menge Strahlen, aus heterogenen Wärmequellen entsprungen, durchlassen, aufserdem auch eine ungleiche Brechung derselben bedingen, disponiren sie auch die

Digitized by Google

Strahlen aus homogenen Quellen, ungleich polarisirt zu werden, wozu man noch aufserdem das ungleiche Reflexionsvermögen der Oberflächen verschiedener Körper, ohne Rücksicht auf ihre Diathermanie, setzen kann. Auch bei der Polarisation, wie die Tabelle ergiebt, zeigt die Farbe des Glases, mit Ausnahme der grünen und schwarzen, keinen Einfluſs. Die vom Alaun durchgelassenen Strahlen zeigten sich in den früher erwähnten Versuchen den Lichtstrahlen sehr ähnlich, sofern sie alle farblose diaphane Körper leicht durchdringen und von weifsen Oberflächen wenig absorbirt werden; hier gewahrt man die nämliche Eigenschaft rücksichtlich ihres starken Polarisirtwerdens.

345) Dieses Verhalten des Alauns führt zur Erklärung der ungleichen Polarisation verschiedener Turmalinblättchen, deren Diathermansie gleichfalls verschieden ist. Hat daher der eingeschaltete Schirm mit den Turmalinblättchen eine gleiche Diathermansie, und läfst er also dieselben Strahlen in dem nämlichen Verhältnifs durchfallen, als diese Blättchen, so wird zwar die absolute Menge der durchfallenden Strahlen vermöge der ungleichen Diathermansie dieser Schirme verändert, allein die Polarisationen behalten dasselbe Verhältnifs bei. Dieses ist der Fall bei farblosem, rothem, orangefarbenem, gelbem, blauem, indigfarbenem und violettem Glase; allein Wasser, Oel, Bernstein, Alaun, grünes und undurchsichtig schwarzes Glas ändern den Polarisationsindex beträchtlich, weil ihre Diathermansie von der der Turmalinplatten beträchtlich abweicht. Nimmt man aber Turmalinplatten, die nicht mehr die nämliche Diathermansie haben, so werden die Veränderungen, welche die eingeschalteten Schirme in den Werthen des Polarisationsindex erzeugen, nicht mehr dieselben und in der nämlichen Ordnung folgende seyn. Dieses zeigt sich deutlich bei den in folgender Tabelle verzeichneten, mit der Turmalinplatte Nr. 5 unter übrigens gleichen Bedingungen erhaltenen Gröfsen.

Digitized by Google

Eingeschaltete Platten	Dicke Millim.	Durchgelassene Wärme: parallele Axen Bogen	parallele Axen Kräfte	durchkreuzende Axen Bogen	durchkreuzende Axen Kräfte	Polarisation
keine	0,00	17°,11	14,84	15°,15	13,15	11,35
bläulichgrünes Glas	1,93	17,65	15,30	15,54	13,49	11,83
opak. schwarzes Glas	1,98	17,10	14,83	15,06	13,05	11,94
Schwerspath . . .	2,60	17,33	15,03	15,23	13,21	12,07
Rüböl	8,49	17,52	15,19	12,95	12,80	15,65
Gyps	2,71	17,76	15,39	12,74	12,63	17,91
farbloses Glas . . .	1,85	17,27	15,08	16,24	14,11	6,46
dito dito . . .	8,27	17,81	15,43	17,05	14,79	4,17
Glas, rothes . . .	1,80	17,49	15,16	16,32	14,17	6,53
— orangefarbenes	1,87	16,91	14,67	15,77	13,69	6,70
— gelbes . . .	1,79	17,22	14,93	16,12	14,00	6,15
— blaues . . .	1,83	16,87	14,64	15,81	13,73	6,20
— indigfarbiges .	1,78	16,98	14,73	15,86	13,78	6,44
— violettes . . .	1,81	17,30	15,00	16,20	14,06	6,29

346) Die Folgerungen aus den hier mitgetheilten Gröfsen ergeben sich von selbst. Berücksichtigen wir unter diesen namentlich den Einfluſs der Dicke der eingeschalteten Platten, so ergiebt sich, daſs der den Polarisationsindex vergröfsernde oder vermindernde Einfluſs der Substanzen in dem Maſse stärker ist, in welchem die Dicke wächst. Wasser z. B. erhöhet bei falben Turmalinen, wenn seine Dicke 0,74 Millim. beträgt, den Polarisationsindex von 22 auf 36, durch eine 8 Millim. dicke Schicht aber auf 67, eine schwarze Glasplatte dagegen, welche diesen Index von 22 auf 4 bei einer Dicke von 0,81 Millimeter herabbringt, vermindert ihn bis 1,5 bei 2 Millimeter Dicke. Dieses Verhalten stimmt genau mit dem des Lichtes überein, wenn dasselbe, je nach Beschaffenheit seiner Farbe, die verschiedenen diaphanen Körper durchdringt. Gesättigte Lösungen von Weinsäure, Steinsalz und Alaun in Wasser ändern den Polarisationsindex des letzteren nicht merklich. Alaun und Steinsalz, im Wasser gelöset, obgleich beide Substanzen das Minimum und das Maximum der Diathermanie zeigen, ändern das diathermane Verhalten des Wassers nicht merklich, wie oben bemerkt wurde, und da sie auch den Polarisationsindex nur unmerklich ändern, so ersieht man hieraus, daſs dasselbe, was in Beziehung auf diese Substanzen von der Quantität gilt, auch von der Qualität der Wärmestrahlen gültig ist.

Digitized by Google

Fängt man die Wärmestrahlen, welche durch gesättigte Lösungen von Steinsalz oder Alaun oder durch reines Wasser gegangen sind, nach einander mit der Säule auf, so erhält man bei gleichen Dicken stets sehr nahe die nämlichen Ablenkungen. Dieselbe Unveränderlichkeit findet auch noch statt, wenn man folgeweise hinter jede dieser Flüssigkeiten dieselbe Platte Alaun oder jeder andern Substanz aufstellt, indem die gemeinschaftliche Ablenkung stets um eine constante Gröfse sinkt.

347) Noch bleibt rücksichtlich der Polarisation durch Turmalinplatten der Einflufs des Unterschiedes der Wärmequellen zu untersuchen. Zu diesem Ende wurden die Turmalinplattenpaare Nr. 1; 5; 8; 9 den Strahlen der Argand'schen Lampe, der gemeinen (Locatelli'schen) Lampe, des glühenden Platins und des bis 400° C. erhitzten Kupfers ausgesetzt, die in der folgenden Tabelle durch L; Lc; P; K bezeichnet sind.

	Polarisationsindex.			
Turmaline	L	Lc	P	K
Nr. 1 dunkelgrün .	0,37	3,71	5,27	0,59
Nr. 5 gelblichgrün .	5,33	11,30	13,89	3,22
Nr. 8 schmuzigviolett	24,50	20,48	17,20	2,30
Nr. 9 fahlgelb	26,21	21,89	18,16	2,98

Im Ganzen wächst die Polarisation durch Turmaline mit der Intensität der Wärmequelle; rücksichtlich der verschiedenen Turmaline und der gleichfalls verschiedenen Wärmequellen traten aber bedeutende Unterschiede hervor. Einige Strahlen erleiden nur eine geringe Polarisation, ja sogar eine so schwache, dafs sie ganz problematisch bleibt, andere geben deutlichere Spuren, und noch andere werden vollständig, wie die Lichtstrahlen, polarisirt. Die grünen Turmaline namentlich absorbiren die polarisirbaren Wärmestrahlen fast gänzlich oder ganz, andere, namentlich die violetten und gelben Turmaline, lassen die polarisirbaren Strahlen in Menge durch, woraus beiläufig ein bedeutender Unterschied zwischen den Licht- und Wärmestrahlen hervorgeht. Inzwischen folgt hieraus nach Melloni nicht, dafs eine verschiedene Polarisationsfähigkeit den Turmalinen beizulegen sey, vielmehr können alle Wärmestrahlen eine gleiche und vollständige Polarisation im Innern der Turmaline erleiden und dennoch beim Austritt mehr oder weniger pola-

risirt erscheinen. Hierzu reicht die Annahme hin, dafs die Turmaline alle Arten Wärmestrahlen doppelt brechen, aber das eine der bei dieser Doppelbrechung entstehende Bündel bei seinem Durchgange mehr oder weniger absorbiren. Wenn beide gebrochene Bündel gleiche Intensität haben, rechtwinklig polarisirt sind und einander fast decken, so können sie keine Spur von Polarisation zeigen, falls sie einen gleichen Grad von Absorption erleiden. Sobald aber das eine Bündel bei seinem Durchgange einen gröfsern Antheil seiner Intensität verloren hat, so mufs das andere nothwendig bei seinem Austritt Anzeigen von Polarisation geben, und die Erscheinungen gleichen denen des Lichtes, sobald eins der beiden gebrochenen Bündel im Innern der Platten vollständig absorbirt worden ist. Uebrigens scheint es mir keinen Widerspruch in sich zu schliefsen, wenn man den verschiedenen Turmalinen ein durch die Ungleichheit der Wärmequellen bedingtes gröfseres oder geringeres, selbst bis zum Verschwinden abnehmendes Polarisationsvermögen beilegen wollte, wie so viele Körper sich hinsichtlich ihrer Diathermanie und Diathermansie gleichfalls so verschieden zeigen, da es ohnehin wohl noch nicht ausgemacht ist, ob das Verschwinden der Wärmestrahlen durch Polarisation eine Folge der Absorption und nicht vielmehr einer Beruhigung der Wärmewellen oder des Zusammenfallens der positiven mit den negativen, wie bei der Interferenz des Lichtes, ist. Dabei bleibt Melloni's Ansicht immer die wahrscheinlichere; denn im Allgemeinen dürfen wir nach den bestehenden Erfahrungen annehmen, dafs die Wärmeundulationen in Folge des Gebundenwerdens des Wärmeäthers durch wägbare Körper zur Ruhe kommen.

348) Die durch Forbes gleichfalls aufgefundene *Polarisation der durch diathermane Körper* unter gewissen Einfallswinkeln durchfallenden Wärmestrahlen, ähnlich der Polarisation des Lichtes beim Durchgange durch mehrere auf einander liegende Glasscheiben, wurde auch durch Melloni einer neuen umfährlichen Untersuchung unterworfen, wozu er gleichfalls mehrere übereinander gelegte dünne Turmalinblättchen anwandte. Gegen das durch Forbes erhaltene Resultat, wonach die nämlichen Glimmerblättchen für verschiedene Wärmequellen ungleiche Gröfsen der Polarisation geben sollen, namentlich mit einer Argand'schen Lampe 0,29, mit einer gemeinen 0,24, mit einer Alkoholflamme

Digitized by Google

1066. ANNO DOMINICÆ INCARNATIONIS MILLESIMO SEXAGESIMO SEXTO, INDICTIONE XV., EPACTA XIV., CONCURRENTE VI., REGNANTE WILLELMO, QUI ET ADELIN, REGE ANGLORUM, DUCE NORMANNORUM, ANNO REGNI EJUS PRIMO, MENSE OCTOBRI, DIE XIV. FERIA VI. HOC SCRIPTUM FACTUM EST.

1066. In the year of the Incarnation of our Lord one thousand and sixty-six, in the fifteenth indiction, the epact fourteen, the concurrent six, William, who is also called Adelin, reigning as king of the English, duke of the Normans, in the first year of his reign, in the month of October, on the fourteenth day, Friday, this writing was made.

1066. Willelmus Rex Anglorum, Dux Normannorum, Archiepiscopis, Episcopis, Abbatibus, Comitibus, Baronibus, Vicecomitibus, Præpositis, Ministris, et omnibus fidelibus suis Francis et Anglis, salutem. Sciatis me, per justum judicium Dei, et per rectum judicium curiæ meæ, et per plenum judicium totius populi Anglorum, et per plenum judicium totius populi Normannorum, et per plenum judicium totius populi Britonum, et per plenum judicium totius populi Flandrensium, et per plenum judicium totius populi Cenomannorum, et per plenum judicium totius populi Pictavensium, et per plenum judicium totius populi Aquitanorum, et per plenum judicium totius populi Francorum, et per plenum judicium totius populi Burgundionum, et per plenum judicium totius populi Lotharingorum, et per plenum judicium totius populi Alemannorum, et per plenum judicium totius populi Saxonum, et per plenum judicium totius populi Boemorum, et per plenum judicium totius populi Polonorum, et per plenum judicium totius populi Ungarorum, et per plenum judicium totius populi Danorum, et per plenum judicium totius populi Norwegorum, et per plenum judicium totius populi Scotorum, et per plenum judicium totius populi Gallorum, et per plenum judicium totius populi Hispanorum, et per plenum judicium totius populi Navarrorum, et per plenum judicium totius populi Barbarorum, et per plenum judicium totius populi Sardorum, et per plenum judicium totius populi Siculorum, et per plenum judicium totius populi Apulorum, et per plenum judicium totius populi Calabrorum, et per plenum judicium totius populi Romanorum, et per plenum judicium totius populi Ravennatum, et per plenum judicium totius populi Venetorum, et per plenum judicium totius populi Januensium, et per plenum judicium totius populi Pisanorum, et per plenum judicium totius populi Amalfitanorum, et per plenum judicium totius populi Gaetanorum, et per plenum judicium totius populi Beneventanorum, et per plenum judicium totius populi Salernitanorum, et per plenum judicium totius populi Neapolitanorum, et per plenum judicium totius populi Tarentinorum, et per plenum judicium totius populi Brundusinorum, et per plenum judicium totius populi Tusciæ, et per plenum judicium totius populi Spoletanorum, et per plenum judicium totius populi Camerinorum, et per plenum judicium totius populi Firmanorum, et per plenum judicium totius populi Anconitanorum, et per plenum judicium totius populi Ferrariensium, et per plenum judicium totius populi Mutinensium, et per plenum judicium totius populi Regiensium, et per plenum judicium totius populi Parmensium, et per plenum judicium totius populi Mantuanorum, et per plenum judicium totius populi Veronensium, et per plenum judicium totius populi Brixianorum, et per plenum judicium totius populi Bergamensium, et per plenum judicium totius populi Cumanorum, et per plenum judicium totius populi Mediolanensium, et per plenum judicium totius populi Papiensium, et per plenum judicium totius populi Novariensium, et per plenum judicium totius populi Vercellensium, et per plenum judicium totius populi Taurinensium, et per plenum judicium totius populi Secusinorum, et per plenum judicium totius populi Astensium, et per plenum judicium totius populi Alexandrinorum, et per plenum judicium totius populi Montisferrati, et per plenum judicium totius populi Lombardorum, et per plenum judicium totius populi Ligurum, et per plenum judicium totius populi Sclavorum, et per plenum judicium totius populi Bulgarorum, et per plenum judicium totius populi Albanorum, et per plenum judicium totius populi Bohemorum, et per plenum judicium totius populi Moravorum, et per plenum judicium totius populi Russorum, et per plenum judicium totius populi Cosarorum, et per plenum judicium totius populi Turcorum, et per plenum judicium totius populi Petchenegorum, et per plenum judicium totius populi Comanorum, et per plenum judicium totius populi Abasgorum, et per plenum judicium totius populi Georgianorum, et per plenum judicium totius populi Zichorum, et per plenum judicium totius populi Lazorum, et per plenum judicium totius populi Sarracenorum, et per plenum judicium totius populi Arabum, et per plenum judicium totius populi Persarum, et per plenum judicium totius populi Indorum, et per plenum judicium totius populi Ethiopum, et per plenum judicium totius populi Egyptiorum, et per plenum judicium totius populi Libyorum, et per plenum judicium totius populi Nubianorum, et per plenum judicium totius populi Mauritanorum, et per plenum judicium totius populi Numidarum, et per plenum judicium totius populi Getulorum, et per plenum judicium totius populi Garamantum, et per plenum judicium totius populi Amazonum, et per plenum judicium totius populi Canariorum, et per plenum judicium totius populi Nasamonum, et per plenum judicium totius populi Troglodytarum, et per plenum judicium totius populi Ichthyophagorum, et per plenum judicium totius populi Gymnetarum, et per plenum judicium totius populi Pygmæorum, et per plenum judicium totius populi Gigantum, et per plenum judicium totius populi Cynocephalorum, et per plenum judicium totius populi Cyclopum, et per plenum judicium totius populi Hippopodum, et per plenum judicium totius populi Monstrorum, et per plenum judicium totius populi Sciapodum, et per plenum judicium totius populi Antipodum, et per plenum judicium totius populi Phœnicum, et per plenum judicium totius populi Arimasporum, et per plenum judicium totius populi Hyperboreorum, et per plenum judicium totius populi Cimmeriorum, et per plenum judicium totius populi Scythorum, et per plenum judicium totius populi Tartarorum, et per plenum judicium totius populi Gogorum, et per plenum judicium totius populi Magogorum, et per plenum judicium totius populi Ismaelitarum, et per plenum judicium totius populi Agarenorum, et per plenum judicium totius populi Nabathæorum, et per plenum judicium totius populi Cedrenorum, et per plenum judicium totius populi Idumæorum, et per plenum judicium totius populi Amalechitarum, et per plenum judicium totius populi Philistinorum, et per plenum judicium totius populi Cananæorum, et per plenum judicium totius populi Jebusæorum, et per plenum judicium totius populi Amorræorum, et per plenum judicium totius populi Hethæorum, et per plenum judicium totius populi Pherezæorum, et per plenum judicium totius populi Hevæorum, et per plenum judicium totius populi Gergesæorum, et per plenum judicium totius populi Madianitarum, et per plenum judicium totius populi Moabitarum, et per plenum judicium totius populi Ammonitarum, et per plenum judicium totius populi Assyriorum, et per plenum judicium totius populi Chaldæorum, et per plenum judicium totius populi Babyloniorum, et per plenum judicium totius populi Mesopotamiorum, et per plenum judicium totius populi Armeniorum, et per plenum judicium totius populi Syrorum, et per plenum judicium totius populi Damascenorum, et per plenum judicium totius populi Phrygiorum, et per plenum judicium totius populi Lydiorum, et per plenum judicium totius populi Cappadocum, et per plenum judicium totius populi Pamphylorum, et per plenum judicium totius populi Pisidarum, et per plenum judicium totius populi Lycaonum, et per plenum judicium totius populi Isauriorum, et per plenum judicium totius populi Cilicum, et per plenum judicium totius populi Cretensium, et per plenum judicium totius populi Cyprensium, et per plenum judicium totius populi Rhodiorum, et per plenum judicium totius populi Cycladum, et per plenum judicium totius populi Ephesiorum, et per plenum judicium totius populi Lesbiorum, et per plenum judicium totius populi Samiorum, et per plenum judicium totius populi Chiorum, et per plenum judicium totius populi Lemnorum, et per plenum judicium totius populi Thasiorum, et per plenum judicium totius populi Thessalonicensium, et per plenum judicium totius populi Macedonum, et per plenum judicium totius populi Achivorum, et per plenum judicium totius populi Epirotarum, et per plenum judicium totius populi Dalmatarum, et per plenum judicium totius populi Croatorum, et per plenum judicium totius populi Liburnorum, et per plenum judicium totius populi Istrorum, et per plenum judicium totius populi Carnorum, et per plenum judicium totius populi Sclavorum, et per plenum judicium totius populi Bulgarorum, et per plenum judicium totius populi Albanorum, et per plenum judicium totius populi Bohemorum, et per plenum judicium totius populi Moravorum, et per plenum judicium totius populi Russorum, et per plenum judicium totius populi Cosarorum, et per plenum judicium totius populi Turcorum, et per plenum judicium totius populi Petchenegorum, et per plenum judicium totius populi Comanorum, et per plenum judicium totius populi Abasgorum, et per plenum judicium totius populi Georgianorum, et per plenum judicium totius populi Zichorum, et per plenum judicium totius populi Lazorum, et per plenum judicium totius populi Sarracenorum, et per plenum judicium totius populi Arabum, et per plenum judicium totius populi Persarum, et per plenum judicium totius populi Indorum, et per plenum judicium totius populi Ethiopum, et per plenum judicium totius populi Egyptiorum, et per plenum judicium totius populi Libyorum, et per plenum judicium totius populi Nubianorum, et per plenum judicium totius populi Mauritanorum, et per plenum judicium totius populi Numidarum, et per plenum judicium totius populi Getulorum, et per plenum judicium totius populi Garamantum, et per plenum judicium totius populi Amazonum, et per plenum judicium totius populi Canariorum, et per plenum judicium totius populi Nasamonum, et per plenum judicium totius populi Troglodytarum, et per plenum judicium totius populi Ichthyophagorum, et per plenum judicium totius populi Gymnetarum, et per plenum judicium totius populi Pygmæorum, et per plenum judicium totius populi Gigantum, et per plenum judicium totius populi Cynocephalorum, et per plenum judicium totius populi Cyclopum, et per plenum judicium totius populi Hippopodum, et per plenum judicium totius populi Monstrorum, et per plenum judicium totius populi Sciapodum, et per plenum judicium totius populi Antipodum, et per plenum judicium totius populi Phœnicum, et per plenum judicium totius populi Arimasporum, et per plenum judicium totius populi Hyperboreorum, et per plenum judicium totius populi Cimmeriorum, et per plenum judicium totius populi Scythorum, et per plenum judicium totius populi Tartarorum, et per plenum judicium totius populi Gogorum, et per plenum judicium totius populi Magogorum, et per plenum judicium totius populi Ismaelitarum, et per plenum judicium totius populi Agarenorum, et per plenum judicium totius populi Nabathæorum, et per plenum judicium totius populi Cedrenorum, et per plenum judicium totius populi Idumæorum, et per plenum judicium totius populi Amalechitarum, et per plenum judicium totius populi Philistinorum, et per plenum judicium totius populi Cananæorum, et per plenum judicium totius populi Jebusæorum, et per plenum judicium totius populi Amorræorum, et per plenum judicium totius populi Hethæorum, et per plenum judicium totius populi Pherezæorum, et per plenum judicium totius populi Hevæorum, et per plenum judicium totius populi Gergesæorum, et per plenum judicium totius populi Madianitarum, et per plenum judicium totius populi Moabitarum, et per plenum judicium totius populi Ammonitarum, et per plenum judicium totius populi Assyriorum, et per plenum judicium totius populi Chaldæorum, et per plenum judicium totius populi Babyloniorum, et per plenum judicium totius populi Mesopotamiorum, et per plenum judicium totius populi Armeniorum, et per plenum judicium totius populi Syrorum, et per plenum judicium totius populi Damascenorum, et per plenum judicium totius populi Phrygiorum, et per plenum judicium totius populi Lydiorum, et per plenum judicium totius populi Cappadocum, et per plenum judicium totius populi Pamphylorum, et per plenum judicium totius populi Pisidarum, et per plenum judicium totius populi Lycaonum, et per plenum judicium totius populi Isauriorum, et per plenum judicium totius populi Cilicum, et per plenum judicium totius populi Cretensium, et per plenum judicium totius populi Cyprensium, et per plenum judicium totius populi Rhodiorum, et per plenum judicium totius populi Cycladum, et per plenum judicium totius populi Ephesiorum, et per plenum judicium totius populi Lesbiorum, et per plenum judicium totius populi Samiorum, et per plenum judicium totius populi Chiorum, et per plenum judicium totius populi Lemnorum, et per plenum judicium totius populi Thasiorum, et per plenum judicium totius populi Thessalonicensium, et per plenum judicium totius populi Macedonum, et per plenum judicium totius populi Achivorum, et per plenum judicium totius populi Epirotarum, et per plenum judicium totius populi Dalmatarum, et per plenum judicium totius populi Croatorum, et per plenum judicium totius populi Liburnorum, et per plenum judicium totius populi Istrorum, et per plenum judicium totius populi Carnorum,

1066. William, King of the English, Duke of the Normans, to the Archbishops, Bishops, Abbots, Earls, Barons, Sheriffs, Provosts, Ministers, and all his faithful Franks and English, greeting. Know that I, by the just judgment of God, and by the right judgment of my court, and by the full judgment of the whole people of the English, and by the full judgment of the whole people of the Normans, and by the full judgment of the whole people of the Britons, and by the full judgment of the whole people of the Flemings, and by the full judgment of the whole people of the Cenomannians, and by the full judgment of the whole people of the Pictavians, and by the full judgment of the whole people of the Aquitanians, and by the full judgment of the whole people of the Franks, and by the full judgment of the whole people of the Burgundians, and by the full judgment of the whole people of the Lotharingians, and by the full judgment of the whole people of the Alemannians, and by the full judgment of the whole people of the Saxons, and by the full judgment of the whole people of the Boemians, and by the full judgment of the whole people of the Poles, and by the full judgment of the whole people of the Hungarians, and by the full judgment of the whole people of the Danes, and by the full judgment of the whole people of the Norwegians, and by the full judgment of the whole people of the Scots, and by the full judgment of the whole people of the Gauls, and by the full judgment of the whole people of the Spaniards, and by the full judgment of the whole people of the Navarrians, and by the full judgment of the whole people of the Barbarians, and by the full judgment of the whole people of the Sardinians, and by the full judgment of the whole people of the Sicilians, and by the full judgment of the whole people of the Apulians, and by the full judgment of the whole people of the Calabrians, and by the full judgment of the whole people of the Romans, and by the full judgment of the whole people of the Ravennates, and by the full judgment of the whole people of the Venetians, and by the full judgment of the whole people of the Genoese, and by the full judgment of the whole people of the Pisans, and by the full judgment of the whole people of the Amalfitans, and by the full judgment of the whole people of the Gaetans, and by the full judgment of the whole people of the Beneventans, and by the full judgment of the whole people of the Salernitans, and by the full judgment of the whole people of the Neapolitans, and by the full judgment of the whole people of the Tarentines, and by the full judgment of the whole people of the Brundusians, and by the full judgment of the whole people of Tuscia, and by the full judgment of the whole people of the Spoletans, and by the full judgment of the whole people of the Camerinians, and by the full judgment of the whole people of the Firmians, and by the full judgment of the whole people of the Anconitans, and by the full judgment of the whole people of the Ferrarians, and by the full judgment of the whole people of the Mutinians, and by the full judgment of the whole people of the Regians, and by the full judgment of the whole people of the Parmans, and by the full judgment of the whole people of the Mantuans, and by the full judgment of the whole people of the Veronese, and by the full judgment of the whole people of the Brixians, and by the full judgment of the whole people of the Bergamasks, and by the full judgment of the whole people of the Comans, and by the full judgment of the whole people of the Milanese, and by the full judgment of the whole people of the Pavians, and by the full judgment of the whole people of the Novarians, and by the full judgment of the whole people of the Vercellians, and by the full judgment of the whole people of the Turinese, and by the full judgment of the whole people of the Segusians, and by the full judgment of the whole people of the Astians, and by the full judgment of the whole people of the Alexandrians, and by the full judgment of the whole people of Montferrat, and by the full judgment of the whole people of the Lombards, and by the full judgment of the whole people of the Ligurians, and by the full judgment of the whole people of the Slavs, and by the full judgment of the whole people of the Bulgarians, and by the full judgment of the whole people of the Albanians, and by the full judgment of the whole people of the Bohemians, and by the full judgment of the whole people of the Moravians, and by the full judgment of the whole people of the Russians, and by the full judgment of the whole people of the Cosars, and by the full judgment of the whole people of the Turks, and by the full judgment of the whole people of the Petchenegs, and by the full judgment of the whole people of the Comans, and by the full judgment of the whole people of the Abasgians, and by the full judgment of the whole people of the Georgians, and by the full judgment of the whole people of the Zichians, and by the full judgment of the whole people of the Lazians, and by the full judgment of the whole people of the Saracens, and by the full judgment of the whole people of the Arabs, and by the full judgment of the whole people of the Persians, and by the full judgment of the whole people of the Indians, and by the full judgment of the whole people of the Ethiopians, and by the full judgment of the whole people of the Egyptians, and by the full judgment of the whole people of the Libyans, and by the full judgment of the whole people of the Nubians, and by the full judgment of the whole people of the Mauritanians, and by the full judgment of the whole people of the Numidians, and by the full judgment of the whole people of the Getulians, and by the full judgment of the whole people of the Garamantians, and by the full judgment of the whole people of the Amazons, and by the full judgment of the whole people of the Canarians, and by the full judgment of the whole people of the Nasamonians, and by the full judgment of the whole people of the Troglodytes, and by the full judgment of the whole people of the Ichthyophagi, and by the full judgment of the whole people of the Gymnetes, and by the full judgment of the whole people of the Pygmies, and by the full judgment of the whole people of the Giants, and by the full judgment of the whole people of the Cynocephali, and by the full judgment of the whole people of the Cyclopes, and by the full judgment of the whole people of the Hippopodes, and by the full judgment of the whole people of the Monstrous Races, and by the full judgment of the whole people of the Sciapodes, and by the full judgment of the whole people of the Antipodes, and by the full judgment of the whole people of the Phœnicians, and by the full judgment of the whole people of the Arimaspians, and by the full judgment of the whole people of the Hyperboreans, and by the full judgment of the whole people of the Cimmerians, and by the full judgment of the whole people of the Scythians, and by the full judgment of the whole people of the Tartars, and by the full judgment of the whole people of the Gogians, and by the full judgment of the whole people of the Magogians, and by the full judgment of the whole people of the Ishmaelites, and by the full judgment of the whole people of the Agarenes, and by the full judgment of the whole people of the Nabathæans, and by the full judgment of the whole people of the Cedrenes, and by the full judgment of the whole people of the Idumæans, and by the full judgment of the whole people of the Amalechites, and by the full judgment of the whole people of the Philistines, and by the full judgment of the whole people of the Canaanites, and by the full judgment of the whole people of the Jebusites, and by the full judgment of the whole people of the Amorites, and by the full judgment of the whole people of the Hittites, and by the full judgment of the whole people of the Perizzites, and by the full judgment of the whole people of the Hivites, and by the full judgment of the whole people of the Gergesites, and by the full judgment of the whole people of the Midianites, and by the full judgment of the whole people of the Moabites, and by the full judgment of the whole people of the Ammonites, and by the full judgment of the whole people of the Assyrians, and by the full judgment of the whole people of the Chaldæans, and by the full judgment of the whole people of the Babylonians, and by the full judgment of the whole people of the Mesopotamians, and by the full judgment of the whole people of the Armenians, and by the full judgment of the whole people of the Syrians, and by the full judgment of the whole people of the Damascenes, and by the full judgment of the whole people of the Phrygians, and by the full judgment of the whole people of the Lydians, and by the full judgment of the whole people of the Cappadocians, and by the full judgment of the whole people of the Pamphylians, and by the full judgment of the whole people of the Pisidians, and by the full judgment of the whole people of the Lycaonians, and by the full judgment of the whole people of the Isaurians, and by the full judgment of the whole people of the Cilicians, and by the full judgment of the whole people of the Cretans, and by the full judgment of the whole people of the Cyprians, and by the full judgment of the whole people of the Rhodians, and by the full judgment of the whole people of the Cyclades, and by the full judgment of the whole people of the Ephesians, and by the full judgment of the whole people of the Lesbians, and by the full judgment of the whole people of the Samians, and by the full judgment of the whole people of the Chians, and by the full judgment of the whole people of the Lemnians, and by the full judgment of the whole people of the Thasians, and by the full judgment of the whole people of the Thessalonians, and by the full judgment of the whole people of the Macedonians, and by the full judgment of the whole people of the Achæans, and by the full judgment of the whole people of the Epirots, and by the full judgment of the whole people of the Dalmatians, and by the full judgment of the whole people of the Croats, and by the full judgment of the whole people of the Liburnians, and by the full judgment of the whole people of the Istrians, and by the full judgment of the whole people of the Carnians,

et per plenum judicium totius populi Sclavorum, et per plenum judicium totius populi Bulgarorum, et per plenum judicium totius populi Albanorum, et per plenum judicium totius populi Bohemorum, et per plenum judicium totius populi Moravorum, et per plenum judicium totius populi Russorum, et per plenum judicium totius populi Cosarorum, et per plenum judicium totius populi Turcorum, et per plenum judicium totius populi Petchenegorum, et per plenum judicium totius populi Comanorum, et per plenum judicium totius populi Abasgorum, et per plenum judicium totius populi Georgianorum, et per plenum judicium totius populi Zichorum, et per plenum judicium totius populi Lazorum, et per plenum judicium totius populi Sarracenorum, et per plenum judicium totius populi Arabum, et per plenum judicium totius populi Persarum, et per plenum judicium totius populi Indorum, et per plenum judicium totius populi Ethiopum, et per plenum judicium totius populi Egyptiorum, et per plenum judicium totius populi Libyorum, et per plenum judicium totius populi Nubianorum, et per plenum judicium totius populi Mauritanorum, et per plenum judicium totius populi Numidarum, et per plenum judicium totius populi Getulorum, et per plenum judicium totius populi Garamantum, et per plenum judicium totius populi Amazonum, et per plenum judicium totius populi Canariorum, et per plenum judicium totius populi Nasamonum, et per plenum judicium totius populi Troglodytarum, et per plenum judicium totius populi Ichthyophagorum, et per plenum judicium totius populi Gymnetarum, et per plenum judicium totius populi Pygmæorum, et per plenum judicium totius populi Gigantum, et per plenum judicium totius populi Cynocephalorum, et per plenum judicium totius populi Cyclopum, et per plenum judicium totius populi Hippopodum, et per plenum judicium totius populi Monstrorum, et per plenum judicium totius populi Sciapodum, et per plenum judicium totius populi Antipodum, et per plenum judicium totius populi Phœnicum, et per plenum judicium totius populi Arimasporum, et per plenum judicium totius populi Hyperboreorum, et per plenum judicium totius populi Cimmeriorum, et per plenum judicium totius populi Scythorum, et per plenum judicium totius populi Tartarorum, et per plenum judicium totius populi Gogorum, et per plenum judicium totius populi Magogorum, et per plenum judicium totius populi Ismaelitarum, et per plenum judicium totius populi Agarenorum, et per plenum judicium totius populi Nabathæorum, et per plenum judicium totius populi Cedrenorum, et per plenum judicium totius populi Idumæorum, et per plenum judicium totius populi Amalechitarum, et per plenum judicium totius populi Philistinorum, et per plenum judicium totius populi Cananæorum, et per plenum judicium totius populi Jebusæorum, et per plenum judicium totius populi Amorræorum, et per plenum judicium totius populi Hethæorum, et per plenum judicium totius populi Pherezæorum, et per plenum judicium totius populi Hevæorum, et per plenum judicium totius populi Gergesæorum, et per plenum judicium totius populi Madianitarum, et per plenum judicium totius populi Moabitarum, et per plenum judicium totius populi Ammonitarum, et per plenum judicium totius populi Assyriorum, et per plenum judicium totius populi Chaldæorum, et per plenum judicium totius populi Babyloniorum, et per plenum judicium totius populi Mesopotamiorum, et per plenum judicium totius populi Armeniorum, et per plenum judicium totius populi Syrorum, et per plenum judicium totius populi Damascenorum, et per plenum judicium totius populi Phrygiorum, et per plenum judicium totius populi Lydiorum, et per plenum judicium totius populi Cappadocum, et per plenum judicium totius populi Pamphylorum, et per plenum judicium totius populi Pisidarum, et per plenum judicium totius populi Lycaonum, et per plenum judicium totius populi Isauriorum, et per plenum judicium totius populi Cilicum, et per plenum judicium totius populi Cretensium, et per plenum judicium totius populi Cyprensium, et per plenum judicium totius populi Rhodiorum, et per plenum judicium totius populi Cycladum, et per plenum judicium totius populi Ephesiorum, et per plenum judicium totius populi Lesbiorum, et per plenum judicium totius populi Samiorum, et per plenum judicium totius populi Chiorum, et per plenum judicium totius populi Lemnorum, et per plenum judicium totius populi Thasiorum, et per plenum judicium totius populi Thessalonicensium, et per plenum judicium totius populi Macedonum, et per plenum judicium totius populi Achivorum, et per plenum judicium totius populi Epirotarum, et per plenum judicium totius populi Dalmatarum, et per plenum judicium totius populi Croatorum, et per plenum judicium totius populi Liburnorum, et per plenum judicium totius populi Istrorum, et per plenum judicium totius populi Carnorum,

Kerkberg, Hallenstadt, Petersberg. Die Kerkberg ist ein Berg, der sich in der Nähe von Hallenstadt befindet. Er ist 1.200 Meter hoch. Auf dem Berg befindet sich eine Kirche. Die Kirche ist sehr alt. Sie wurde im Jahre 1.000 gebaut. Hallenstadt ist eine Stadt, die sich in der Nähe des Kerkbergs befindet. Sie hat 10.000 Einwohner. Hallenstadt ist eine Industriestadt. Es gibt viele Fabriken in Hallenstadt. Der Petersberg ist ein Berg, der sich in der Nähe von Hallenstadt befindet. Er ist 1.500 Meter hoch. Auf dem Berg befindet sich eine Kirche. Die Kirche ist sehr alt. Sie wurde im Jahre 1.000 gebaut. Hallenstadt ist eine Stadt, die sich in der Nähe des Petersbergs befindet. Sie hat 10.000 Einwohner. Hallenstadt ist eine Industriestadt. Es gibt viele Fabriken in Hallenstadt.

welcher die Strahlen concentrirte, und sie auf die Steinsalzlins warf, so dafs diese aufser den Strahlen der ihr zugewandte Seite der Flamme auch die der abgewandten in einen gemein samen Cylinder vereinigte. Dieser Hohlspiegel wurde anfang für die aus den wenigsten Blättchen bestehenden Säulen völli mit Rufs geschwärzt und nachher um einen angemessene Theil wieder blank gemacht, so weit es die gröfsere Zahl d Glimmerblättchen erforderte. Für jedes einzelne Säulenpaar blie übrigens der Apparat ungeändert, um die erhaltenen Resulta unter sich vergleichbar zu machen.

350) Ehe wir in den folgenden Tabellen die erhalten Resultate mittheilen, müssen wir noch eine Thatsache erörte welche Melloni durch unmittelbare Messungen aufgefunden haben versichert. Die polarisirte oder die bei der Kreuzu der polarisirenden Platten verschwindende Wärme wird wed zerstört noch absorbirt, sondern blofs reflectirt. Sind nämli beide polarisirende Flächen einander parallel und in einem Wi kel von 30 bis 40 Grad gegen den einfallenden Wärmecylin der geneigt, und stellt man den Thermomultiplicator so, d die von der hinteren Fläche reflectirten Strahlen ihn treff würden, so rührt sich die Nadel kaum oder gar nicht, st man aber die vordere Platte rechtwinklig gegen die hintere, tritt sofort eine bedeutende Abweichung der Nadel ein.

351) Die Bezeichnungen in den nachfolgenden Tabell sind dieselben, wie in den früheren; jedoch ist Folgendes bemerken. Die Neigung bezeichnet den Winkel, welchen Fläche des polarisirenden Glimmerbündels mit der Axe des ei fallenden Wärmecylinders bildet, und Polarisation bezeich die Menge Strahlen von 100, welche von den beim Parallel mus der Säulen durchgelassenen durch die Kreuzung derselb polarisirt wird oder verschwindet. Die übrigen Columnen si durch die Ueberschriften deutlich.

Digitized by Google

Durchgelassene Wärme.

Neigung	Parallele Axen Bogen	Kräfte	Durchkreuzende Axen Bogen	Kräfte	Polarisation
Taf. I. Säulen von 3 Blättchen.					
45°	35°,29	31,68	32°,01	29,12	8,08
43	34,99	31,52	30,77	27,78	11,87
41	34,24	31,12	29,55	26,18	15,87
39	33,58	30,55	28,13	24,49	19,84
37	32,84	29,81	26,22	22,70	23,85
35	31,78	28,88	24,23	20,86	27,77
33	30,71	27,70	21,98	18,87	31,87
31	29,44	26,04	19,40	16,73	35,76
29	27,41	23,81	16,53	14,35	39,73
27	24,57	21,18	13,63	11,90	43,81
25	21,24	18,25	10,94	9,54	47,73
23	17,31	15,01	8,27	7,22	51,89
21	13,31	11,63	5,88	5,15	55,72
19	9,22	8,02	3,71	3,24	59,60
17	5,02	4,39	1,83	1,60	63,55
Taf. II. Säulen von 5 Blättchen.					
45°	35°,92	32,01	28°,54	24,95	22,06
43	35,69	31,89	27,01	23,45	26,46
41	35,42	31,75	25,16	21,73	31,56
39	35,21	31,64	23,47	20,15	36,31
37	34,33	31,17	21,39	18,38	41,03
35	33,30	30,26	19,75	16,46	45,61
33	31,64	28,74	16,39	14,23	50,49
31	29,71	26,38	13,80	12,03	54,39
29	27,38	23,79	11,29	9,85	58,59
27	23,70	20,36	8,72	7,61	62,62
25	20,04	17,23	6,60	5,77	66,51
23	16,01	13,91	4,74	4,14	70,24
21	11,71	10,24	3,06	2,68	73,83
19	7,58	6,63	1,71	1,50	77,37
17	3,42	2,99	0,66	0,58	80,60

Neigung	Durchgelassene Wärme. Parallele Axen Bogen	Kräfte	Durchkreuzende Axen Bogen	Kräfte	Polarisation
Taf. III. Säulen von 10 Blättchen.					
45°	29°,82	26,53	17°,21	14,93	43,73
43	31,41	28,49	16,48	14,31	49,77
41	33,29	30,24	15,36	13,32	55,95
39	35,19	31,63	13,95	16,16	61,56
37	36,46	32,50	12,31	10,77	66,86
35	36,86	32,88	10,63	9,26	71,84
33	36,72	32,75	8,90	7,75	76,34
31	33,79	30,76	6,92	6,05	80,33
29	30,94	28,00	5,25	4,59	83,61
27	27,89	24,25	3,72	3,25	86,60
25	23,19	19,89	2,44	2,14	89,24
23	17,60	15,26	1,55	1,36	91,09
Taf. IV. Säulen von 15 Blättchen.					
45°	24°,12	20,75	9°,30	8,09	61,01
43	27,08	23,51	8,95	7,79	66,87
41	29,59	26,23	8,16	7,13	72,82
39	31,66	28,76	7,23	6,32	78,03
37	33,79	30,77	6,15	5,38	82,51
35	35,58	31,83	4,99	4,36	86,30
33	35,44	31,76	3,90	3,40	89,29
31	32,13	29,22	2,90	2,54	91,31
29	29,04	25,52	2,14	1,87	92,67
27	24,41	21,03	1,55	1,36	93,53
25	18,23	15,78	1,07	0,94	94,04
23	12,05	10,54	0,68	0,60	94,31

Digitized by Google

Durchgelassene Wärme.

Neigung	Parallele Axen Bogen	Parallele Axen Kräfte	Durchkreuzende Axen Bogen	Durchkreuzende Axen Kräfte	Polarisation
Taf. V. Säulen von 20 Blättchen.					
45°	21°,23	18,24	6°,56	5,74	68,53
43	24,60	21,23	6,51	5,69	73,20
41	28,08	24,44	6,22	5,44	77,74
39	30,66	27,63	5,68	4,97	82,01
37	33,55	30,52	5,00	4,37	85,01
35	36,21	32,25	4,24	3,70	88,53
33	36,18	32,22	3,41	2,98	90,75
31	34,60	29,50	2,52	2,21	92,51
29	27,63	24,01	1,68	1,47	93,88
27	21,52	18,49	1,13	0,99	94,64
25	14,41	12,53	0,73	0,64	94,89
23	8,31	7,26	0,41	0,36	95,04
Taf. VI. Säulen von 25 Blättchen.					
45°	18°,57	16,05	4°,17	3,64	77,32
43	22,78	19,53	4,19	3,66	81,26
41	26,51	22,97	4,00	3,49	84,81
39	29,71	26,39	3,71	3,24	87,72
37	32,45	29,48	3,28	2,84	90,33
35	35,42	31,75	2,61	2,39	92,47
33	35,56	31,82	2,20	1,93	93,93
31	31,75	28,85	1,73	1,52	94,73
29	27,20	23,62	1,33	1,17	95,05
27	20,51	17,63	0,99	0,87	95,06
25	13,13	11,48	0,65	0,57	95,03
23	6,90	6,03	0,34	0,30	95,02

Neigung	Durchgelassene Wärme. Parallele Axen Bogen	Kräfte	Durchkreuzende Axen Bogen	Kräfte	Polarisation
Taf. VII. Säulen von 30 Blättchen.					
45°	16°,92	14,68	2°,73	2,39	83,72
43	21,50	18,47	2,74	2,40	87,01
41	25,84	22,18	2,52	2,21	90,04
39	29,36	25,93	2,30	2,01	92,25
37	32,38	29,43	2,12	1,86	93,68
35	35,96	32,03	1,90	1,67	94,79
33	36,53	32,56	1,83	1,60	95,09
31	31,90	29,01	1,62	1,42	95,11
29	27,11	23,24	1,30	1,14	95,16
27	19,89	17,13	0,94	0,83	95,15
25	12,33	10,79	0,59	0,52	95,18
23	5,81	5,68	0,28	0,25	95,08
Taf. VIII. Säulen von 35 Blättchen.					
45°	14°,69	12,75	1°,71	1,50	88,24
43	19,35	16,69	1,72	1,51	90,95
41	23,86	20,51	1,63	1,43	93,03
39	27,99	24,34	1,56	1,37	94,35
37	30,83	27,85	1,60	1,40	94,97
35	33,88	30,86	1,74	1,52	95,07
33	34,93	31,49	1,76	1,54	95,11
31	30,89	27,93	1,57	1,38	95,06
29	25,67	22,19	1,24	1,09	95,09
27	18,23	15,78	0,88	0,77	95,12
25	10,92	9,52	0,53	0,47	95,06
23	4,34	3,79	0,22	0,19	94,99

Aus diesen Tafeln lassen sich folgende Resultate entn
1) Die Menge der durch Polarisation verschwindenden W
strahlen wächst, sowie der Winkel, unter welchem di
fallenden Strahlen auf die polarisirende Fläche auffallen,
wird. 2) Bei Säulen von einer gröfseren Anzahl Blättch
reicht die Polarisation bei einem gewissen Neigungswink

Digitized by Google

Maximum und bleibt auf diesem bei abnehmenden Winkeln stehen. 3) Die Neigung, bei welcher der unveränderliche Werth eintritt, nimmt mit der Anzahl der Blättchen zu.

352) Uebrigens ist die Gröfse der Polarisation so, dafs man sie fast vollständig nennen kann, sie erreicht mehr als 0,95, und Melloni glaubt, dafs auch das Licht, wenn man genaue Messungen anstellen könnte, nicht stärker polarisirt werde, denn wenn er durch die Maschine sah, nahm er noch immer einen geringen Lichtschimmer wahr; überhaupt aber ist die Uebereinstimmung der Polarisationsphänomene durch Refraction zwischen Licht und Wärme so auffallend, dafs man daraus mit Grunde auf eine den Wärmestrahlen zukommende Polarisation durch Reflexion schliefsen kann. Der Einfallswinkel, welcher die stärkste Polarisation giebt, ist schwer zu bestimmen, weil der Einfluſs der durchgehenden Strahlen dieses hindert, deren Menge beim lothrechten Einfall am gröfsten ist (wobei übrigens gar keine Polarisation statt findet), aber auch beim schiefen Auffallen nicht gänzlich wegfällt. Inzwischen nimmt diese Unbestimmtheit ab, je mehr Blättchen auf einander liegen, weswegen Melloni zu seinen Säulen noch andere von mehreren Lagen verfertigte, so dafs es ihm möglich wurde, die Wärmedurchgänge durch ungleich zahlreiche Lagen bei verschiedenen Einfallswinkeln zu messen, wobei jedoch zu bemerken ist, dafs wegen ungleicher Intensität der Wärmequelle die Resultate nur unter sich vergleichbar sind.

		Wärmedurchgang		
Neigung		20 Blättchen	60 Blättchen	120 Blättchen
35°	0′	37°,34	35°,97	31°,86
34	30	37,42	36,48	32,71
34	0	37,46	36,87	33,07
33	30	37,39	37,10	33,29
33	0	37,09	36,82	33,02

Aus diesen Gröfsen folgt, dafs der Einfluſs der durchgehenden, nicht polarisirten Wärme bei Säulen von vielen Blättchen wegfällt. Nach der Uebereinstimmung der beiden letzten Columnen gehört das Maximum des Durchganges zu einem Winkel von 33° 30′ und liegt etwas näher bei 34°. Melloni be-

merkt hierbei, dafs nach Brewster beim Lichte die Tangente des Polarisationswinkels durch die Zahl gegeben wird, welche den Refractionsindex des als Reflector angewandten Körpers ausdrückt. Der mittlere Refractionsindex für Glimmer[1] ist also = 1,5 und diese Gröfse gehört als Tangente zum Winkel von 56° 19′, also von der Fläche an gerechnet 33° 41′, mithin ist der Winkel der vollständigen Polarisation durch Reflexion sehr nahe derselbe für Wärme und für Licht.

353) Bringt man vor die Oeffnung des Schirmes, durch welche bei Melloni's Apparate die Wärmestrahlen fallen, ehe sie zu den polarisirenden Glimmersäulen gelangen, eine dünne Schicht irgend einer Art, z. B. Alaun, Bernstein, schwarzes Glas, Wasser, Oel oder einer sonstigen diathermanen Substanz, so findet man den Polarisationsindex hierdurch gar nicht geändert, wie sich am auffallendsten zeigt, wenn man Substanzen von ganz verschiedener Diathermansie wählt, z. B. einerseits schwarzes oder grünes Glas, andererseits Wasser, Citronensäure oder Alaun. Nach der oben (§. 344) mitgetheilten Tabelle ist der Polarisationsindex für Strahlen, welche durch die beiden ersten Körper gegangen sind, bei Turmalinblättchen fast 0, für Alaun aber 0,95; werden aber diese Strahlen durch die polarisirenden Glimmersäulen modificirt, so zeigen die Polarisationsindices keinen mefsbaren Unterschied, und es werden daher die von verschiedenen Körpern durchgelassenen Wärmestrahlen, wie heterogener Art sie auch sind, durch Refraction gleich stark polarisirt, oder aber, was einerlei ist, die Polarisation, welche durch die brechenden Kräfte der Medien erzeugt wird, ist unabhängig von der Qualität der Wärmestrahlen. Melloni bestätigte diese Folgerung durch directe Versuche, die er mit der Lampe, dem glühenden Platindraht und dem erhitzten Kupfer anstellte, und weil die sogenannten dunklen Strahlen so schwer durch Glimmer dringen, wählte er Säulen von wenigen Lagen, schwächte dann aber die Strahlen der stärkeren Wärmequellen durch eine erforderliche Menge zwischengestellter Glasschirme, so dafs bei gleichem Abstande die Intensität aller drei Quellen gleich wurde. Es zeigten sich dann die Polarisationsindices bei der Anwendung aller drei Wärmequellen ganz gleich. Man kann übrigens eine Quelle leuch-

1 Biot Traité. T. IV. p. 80.

Digitized by Google

und Elektrizität, wird erhitzt, wobei Kohle und Kalium sich verbinden, während Natrium frei wird und verdampft. Dieses wird durch die Kohle geleitet, wobei es sich wieder mit Kohle verbindet, und das Gemisch wird in Wasser geleitet, wobei Natrium und Kohle sich wieder trennen. Das Natrium wird durch Wasser zersetzt, und es entsteht Natronhydrat und Wasserstoff. Das Natronhydrat wird durch Kalk kaustisch gemacht, und es entsteht kohlensaurer Kalk und Natronhydrat. Der kohlensaure Kalk wird durch Erhitzen zersetzt, und es entsteht Kalk und Kohlensäure. Der Kalk wird wieder zum Kaustischmachen des Natronhydrats verwendet, und die Kohlensäure wird in Wasser geleitet, wobei sie sich mit Wasser verbindet. Das Natronhydrat wird durch Kohlensäure in kohlensaures Natron verwandelt, und es entsteht Wasser. Das kohlensaure Natron

neswegs aufgegeben. Forbes[1] bezog sich auf seine Erfahrungen, und wiederholte die Behauptung, dafs die Strahlen aus Wärmequellen von niedrigerer Temperatur weniger polarisirt werden, als die, welche von stärker glühenden Körpern ausgehn, was wohl nichts anderes heifsen kann, als dafs die sogenannten dunkelen Wärmestrahlen sich von den zugleich leuchtenden durch eine geringere Polarisirbarkeit unterscheiden. Die Ursache der Abweichung der durch ihn gefundenen Resultate von denen, welche Melloni erhielt, glaubt er darin zu finden, dafs Letzterer dickere Glimmerblättchen zu seinen Säulen genommen habe, als er selbst, da er dieselben durch rasches Erwärmen über Kohlen und hierdurch bewirktes Zerspalten in gröfster Feinheit erhielt. Hierauf erwidert aber Melloni, dafs eben diese Art der Bereitung den Irrthum herbeigeführt habe, sofern die durch dieses Mittel gespaltenen Blättchen nicht überall gleichmäfsig polirte Flächen erhalten konnten, mithin verschiedene Rauheiten zurücklassen mufsten, durch welche die dunkelen Wärmestrahlen leichter drangen, sich mit den polarisirten vereinigten, und daher den Schein einer geringeren Polarisirung erzeugten. Um diese Behauptung durch den Versuch zu unterstützen, verfertigte er sich aus einer einzigen Glimmerplatte von doppelter Länge, die er in der Mitte durchschnitt, zwei gleiche Paare Säulen, aus je fünf Blättchen bestehend, die sich durch nichts weiter von einander unterschieden, als dafs die Blättchen des einen Paars auf beiden Seiten mit der Spitze eines Federmessers geritzt waren, um ihnen eine rauhe Oberfläche zu geben. Mit diesen erhielt er folgende Resultate als das Mittel aus 10 Versuchen mit möglichster Vermeidung aller störenden Einflüsse.

---

1 Compt. rend. 1838. T. I. p. 705.

Wärmequelle	Säulen	Brechungsebenen parallel	Brechungsebenen gekreuzt	Polarisation
heifses Kupfer . . .	geritzt	9°,15	5°,76	37
	polirt	9,20	4,59	50
gemeine Lampe . .	geritzt	9,12	4,95	46
	polirt	9,10	4,55	50
desgl. mit Glaslinse	geritzt	9,06	4,62	49
	polirt	9,19	4,58	50

Die letzte Columne giebt die Menge der Strahlen, welche in Folge des Kreuzens der Säulen von 100 verloren wurden, und man könnte allerdings daraus folgern, dafs bei der Anwendung des bis 400° C. erhitzten Kupfers die wenigsten Strahlen verloren wurden, also eine geringere Polarisation statt gefunden habe; Melloni betrachtet dieses aber nach seiner Ansicht als eine Folge der rauheren Oberflächen, weil die Säulen übrigens ganz gleich waren, weswegen auch bei der Anwendung einer gewöhnlichen Lampe mit vorgehaltener Glaslinse der Unterschied zwischen dem Polarisationsvermögen der geritzten und der polirten Säulen verschwand und alle drei Lichtquellen mit den letzteren gleiche Gröfsen der Polarisation gaben.

355) Eine nähere Würdigung dieser Einwürfe veranlafste Forbes zu einer neuen, tiefer in die Sache eingehenden Untersuchung, deren Resultate wir in Kürze mittheilen wollen[1]. Im Allgemeinen gesteht er zu, dafs eben das Zerspalten der Glimmerblättchen durch Hitze eine Rauheit ihrer Oberfläche herbeigeführt habe, wodurch dann die Abweichung der erhaltenen Resultate von der gewöhnlichen Regel veranlafst worden sey. Um hierüber näheren Aufschlufs zu erhalten, bezog sich eine vierte Reihe von Versuchen desselben auf die Auffindung der Wirkungen, welche die mechanische Textur der Schirme auf den unmittelbaren Durchgang der strahlenden Wärme hervorbringt. Als Grundlage hierbei diente Melloni's Entdeckung, dafs reines Steinsalz, welches alle Arten von Wärmestrahlen mit gleicher Leichtigkeit durchläfst, durch einen Ueberzug von Rufs die Eigenschaft erhält, die sogenannten dunklen Wärmestrahlen

1 Edinburgh Philos. Trans. T. XV. P. I. Poggendorff's Ann. LI. 88. 387.

Digitized by Google

mehr durchzulassen, die von jeder andern Substanz, als Glas, Alaun u. s. w., am meisten zurückgehalten werden. Forbes sagt, es heifse dieses nichts anderes, als dafs Steinsalz in Beziehung auf Wärme die nämlichen Wirkungen äufsere, welche ganz klares Glas auf die Lichtstrahlen ausübe, indem durch dieses Lichtstrahlen, durch jenes Wärmestrahlen, beide von jeder Brechung, dringen, statt dafs alle andere diathermane Substanzen die Wärmestrahlen von geringerer Brechung absorbiren, so wie blaues und violettes Glas die am wenigsten gebrochenen Lichtstrahlen gleichfalls absorbiren. Die Richtigkeit dieser Ansicht leuchtet sofort ein, wenn man überlegt, dafs alle in die Wärmestrahlen gebrachte Medien das Maximum der Wärme im Spectrum, wenn es durch Steinsalz erzeugt ist, den rothen oder selbst den gelben Strahlen mehr nähern. Eine dieser entgegengesetzte Wirkung äufsert das Steinsalz, wenn es mit einem Ueberzug von Rufs bedeckt ist, indem es alsdann so auf die Wärmestrahlen, wie ein rothes Glas auf die Lichtstrahlen wirkt, nämlich die am wenigsten brechbaren Wärmestrahlen durchläfst, die brechbareren dagegen absorbirt, und da aus den früheren Versuchen von Forbes hervorgeht, dafs die durch Hitze gespaltenen Glimmerblättchen eine ähnliche Wirkung zeigen, so ist damit die Wissenschaft auf jeden Fall einen bedeutenden Schritt weiter gefördert, sofern sich eine sehr genaue Uebereinstimmung zwischen dem Verhalten der Lichtstrahlen und Wärmestrahlen herausstellt.

356) Die Wirkung des durch Hitze zersplitterten Glimmers rührt allem Anschein nach von der Aufblätterung desselben in eine unendliche Menge kleiner Flächen und den dadurch veranlafsten zahllosen Reflexionen her, und die Frage mufste sich daher aufdrängen, ob die Wirkung des Rufses von seiner eigenthümlichen Natur oder der durch ihn erzeugten Rauhei der Oberfläche herrühre. Um hierüber zu entscheiden, verglich Forbes die Wirkungen von Steinsalz mit berufster und mit durch Schmirgelpapier rauh gemachter Oberfläche, wobei er folgende Resultate erhielt.

by Google

Wärmequellen.	Von 100 Strahlen gingen durch Steinsalz		Relativer Durchgang durch Steinsalz	
	berufst	rauh	berufst	rauh
gemeine Lampe mit Glas	30	49	100	100
gemeine Lampe ohne Glas	—	62	—	126
dunkelheifses Kupfer . .	58	70	192	142
siedendes Wasser	67	77	223	157

Da diese Gröfsen kein befriedigendes Resultat gaben, so argumentirte FORBES, dafs die Wirkungen einer doppelt dicken Rufsschicht bedeutend von denen zweier Flächen von einfacher Dicke abweichen müfsten, wenn die Rufsschicht überhaupt blofs durch Veränderung der Oberfläche wirke. Daher überzog er eine Platte Steinsalz A mit einer Schicht von doppelter Dicke, zwei andere D und E jede mit einer einfachen, und erhielt folgende Resultate.

		Von 100 durchgelassenen Strahlen: Lampe mit Glas	Lampe ohne Glas	dunkles Kupfer
Steinsalzplatte	A . . .	8,3	17,2	32,9
— —	D . . .	26,0	41,0	58,0
— —	E . . .	23,5	36,0	53,5
— —	D und E	7,3	18,0	32,1

Die geringe Abweichung des ersten und des vierten Werthes von einander ist offenbar der Ansicht nicht günstig, dafs der Rufs blofs durch seinen Einflufs auf die Oberfläche des Steinsalzes wirken sollte, denn alsdann könnte die doppelte Dicke der Schicht unmöglich eine gleiche Wirkung äufsern, als zwei Schichten von einfacher Dicke. Inzwischen bleibt es unverkennbar merkwürdig, dafs die blofse Rauheit der Oberfläche sich auf gleiche Weise wirksam zeigt, als das Ueberziehn derselben mit Rufs, indem noch aufserdem beide die durch sie gedrungenen Wärmestrahlen so disponiren, dafs sie dann durch einen zweiten diathermanen Körper in gröfserer Menge dringen. So liefs unter andern die genannte berufste Steinsalzplatte E folgende Strahlen von 100 durchfallen, nachdem diese vorher

durch den Schirm H von gesplittertem Glimmer, durch die Platte D berufsten und die Platte a rauh gemachten Steinsalzes gedrungen waren.

Wärmequellen.	Wärmeprocente durch E dringend nach dem Durchgange durch nichts	H	D	a
Lampe mit Glas	23,5	. . .	28	29,0
Lampe ohne Glas . . .	36,0	43,5	44	40,4
dunkelheifses Kupfer . .	53,5	56,0	56	55,0

Die erhaltenen Gröfsen zeigen, dafs die Strahlen aus nicht leuchtenden Quellen in Folge ihres Durchganges durch die berufste Steinsalzplatte ähnliche Schirme leichter zu durchdringen vermögen. Hinsichtlich der *Zurückwerfung* der Wärmestrahlen, vorzüglich bei gröfseren Einfallswinkeln, zeigten die rauhen Flächen ein gleiches Verhalten, wie aus dem hier folgenden Verhältnifs der von einer polirten und einer rauh gemachten Fläche Flintglas reflectirten Wärmestrahlen hervorgeht.

Einfallswinkel	Lampe mit Glas	Lampe ohne Glas	dunkelheifses Kupfer
60° . . .	. . . . .	100 : 34,0	100 : 35,4
70 . . .	100 : 26,5	100 : 38,3	100 : 43,5

Auch hier zeigt sich also, dafs die hindernde Kraft der rauhen Flächen mit der Brechbarkeit der Wärmestrahlen abnimmt. Auf die durchgehenden Lichtstrahlen hat die Berufsung einen gleichen Einflufs, denn durch geschwärztes Glas erhält man ein rothes Bild der Sonne[1].

Soll der *Einflufs nicht polirter* oder *ungleich stark polirter Oberflächen* auf die Durchlassung verschiedenartiger Wärmestrahlen genauer erörtert werden, so kommt dabei zuerst die

1 Forbes meint, die Reflexion des Lichtes zeige sich auf gleiche Weise, als die der Wärme; ob dasselbe auch für durchgehende Lichtstrahlen gelte, sey noch nicht deutlich beobachtet worden. Allein das Durchdringen der rothen Strahlen durch eine geschwärzte Glasscheibe ist allbekannte Thatsache, und hierdurch scheint die aufgeworfene Frage Beantwortung zu finden.

Google

Edelmetalle, Fränkisch. 1) Freiburg, Stadt im Breisgau, Sitz der Regierung des Kreises Freiburg, Bezirksamt, Hauptzollamt, Amtsgericht, Landgericht, Oberlandesgericht, Handelskammer, Handwerkskammer, Forstdirektion, Oberforstrat, Oberbergamt, Bergamt, Bergrevier, Bergwerksdirektion, Bergrat, Oberbergrat, Bergwerksdirektor, Bergwerksinspektor, Bergwerksverwalter, Bergwerksverwaltung, Bergwerksbetrieb, Bergwerksbetriebsleiter, Bergwerksbetriebsleitung, Bergwerksbetriebsleitungsstelle, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleiter, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitung, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstelle, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleiter, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitung, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstelle, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleiter, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitung, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstelle, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleiter, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitung, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstelle, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleiter, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitung, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstelle, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleiter, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitung, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstelle, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleiter, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitung, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstelle, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleiter, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitung, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstelle, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleiter, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitung, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstelle, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleiter, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitung, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstelle, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleiter, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitung, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstelle, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleiter, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitung, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstelle, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleiter, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitung, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstelle, Bergwerksbetriebsleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleitungsstellenleiter

mehr Strahlen durch, das Resultat im Ganzen führte aber zu der Betrachtung, ob nicht, wie beim Lichte, ein blofses *Gitter*, statt der gefurchten Fläche, die gleiche Wirkung hervorzubringen vermöge. Gewöhnliche feine Drahtgeflechte zeigten sich nicht gut anwendbar, als aber auch die aus Paris erhaltenen feinsten, etwa 160 Drähte auf den Zoll gebenden, angewandt wurden, zeigte sich erstlich die Menge der hierdurch aufgefangenen Wärme unabhängig von der Art der Wärmequelle, und zweitens in demjenigen Verhältnifs abnehmend, als der Flächeninhalt der Drähte zu dem der Zwischenräume gröfser wurde. Letztere Gröfsen genau zu ermitteln ist übrigens sehr schwierig, und im Allgemeinen wird der Flächeninhalt der Drähte zu gering gefunden, wenn man ihn nach der Menge und Dicke der Drähte berechnet. Die Ursache hiervon liegt darin, dafs die Zwischenräume nicht genaue Quadrate bilden, wie Adie durch scharfe mikrometrische Messungen direct auffand, und aufserdem sind die Drähte an den Stellen, wo sie sich gegenseitig berühren, etwas platt gedrückt. Eine den *Metallgittern* gleiche Wirkung erzeugten solche, die aus feinen parallelen Baumwollenfäden bestanden, wenn diese einzeln oder in der Art paarweise angewandt wurden, dafs sie über einander gelegt regelmäfsige Quadrate bildeten. Um die zunächst sich hier anschliefsende Frage zu beantworten, ob die Körper in feinster Pulverform blofs mechanisch auf die durchgehenden Wärmestrahlen wirken, suchte Forbes zuerst auszumitteln, ob die Metalle in der That so undurchdringlich für Wärmestrahlen sind, als man voraussetzt, und der Versuch bestätigte dieses vollkommen, denn durch ein als Schirm eingebrachtes Blattgoldblättchen, dessen Dicke etwa 0,000003 Zoll betragen mag, drang auch nicht so viel Wärme, um die Nadel des Thermomultiplicators nur im mindesten abzulenken. Sehr schwierig war es aber, Metalle in Pulverform von der erforderlichen Feinheit zu erhalten, welches aufgestreuet dann ein Metallgeflecht von gröfster Unregelmäfsigkeit der Zwischenräume darstellen mufste. Inzwischen verschaffte sich Forbes dieselben, wie sie namentlich die falsche Bronze enthält, alle unfühlbar fein, mit Ausnahme des Zinns, streuete sie auf Steinsalzplatten oder brachte sie zwischen zwei solche ohne weiteres Bindemittel, welches durch seine eigene Einwirkung die Resultate verfälschen konnte. Die Ergebnisse der Versuche mit

by Google

rschiedenartigen Pulvern und ungleichen Wärmequellen, in- m zugleich bei der Anwendung der gemeinen (Locatelli'schen) mpe die angegebenen Schirme eingeschaltet waren, zeigt fol- nde Tabelle, worin die Zahlen die Procente der durchgelas- ien Wärmemengen angeben.

Pulver	Lampe ohne Schirm		Berufs- tes Stein- salz	Heifses Ku- pfer	Heifses Was- ser
	Glas				
ld, erste Versuchsreihe	58,0	. . .	50,5	. . .	. . .
zweite	7,4	. . .	. . .	4,1	. . .
ber	25,3	24,2	. . .	21,8	. . .
ber, erste Reihe . . .	27,7	. . .	18,5	. . .	. . .
zweite Reihe . .	29,5	. . .	22,1	. . .	25
pfer, erste Reihe . .	14,8	. . .	16,0	. . .	. . .
zweite Reihe . .	17,4	. . .	. . .	18,7	17
pfer	5,6	. . .	. . .	4,05	. . .
n	27,0	26,0	. . .	25,5	. . .

e Versuche wurden zwar mit gröfster Sorgfalt angestellt, aber ans bemerkt selbst, dafs sie die sich ergebenden paradoxen sultate unwidersprechlich zu begründen vielleicht nicht ge- en; auf jeden Fall lassen sich dieselben nicht erklären. nach müfste nämlich Gold, Silber und Zinn[1] von leuch- der Wärme mehr als von dunkler durchlassen, Kupfer gen in einer Reihe sich auf gleiche, in zwei andern aber entgegengesetzte Weise verhalten, und gerade diesen ei- thümlichen Charakter des Kupfers glaubt Forbes mit Si- heit ermittelt zu haben.

Weil hiernach der Schlufs, dafs die Wirkung des Be- ens der Flächen auf die durchfallenden Wärmestrahlen s von der Pulverform herrühre, wankend wurde, andere cheinungen aber andeuteten, dafs die meisten diathermanen per in Pulverform gleich atherman waren oder wohl rich- keine eigentliche Diathermansie zeigten, indem eine mit in- oder Citronensäurepulver bestreute Fläche fast ebenso Wärme durchzulassen schien, als eine mit Steinsalzpulver reute, wonach also, wie beim Lichte, die Adiathermanie

[1] Beim Zinn ist der Unterschied unbedeutend und konnte wohl von Beobachtungsfehlern seyn.

eine Folge zahlloser Zerstreuungen und Interferenzen der W
mestrahlen seyn müfste, so war es um so nothwendiger,
ses Problem noch weiter zu verfolgen. Letzteres wurde
sonders durch folgenden Versuch bestätigt. Forbes verfer
sich ein unregelmäfsiges Netz aus feinen *Glasfäden*, liefs
die Wärmestrahlen einer Locatelli'schen Lampe durch eine d
Glasplatte, von dieser aber durch das Glasnetz fallen, und
durch letzteres einen Wärmeverlust von 52,5 Procent eru
obgleich nach den Versuchen von de la Roche und Meu
die bereits durch Glas gedrungenen Strahlen beim abermal
Durchfallen durch Glas nur unmerklichen Verlust erlei
Da es zu viele Zeit erfordert haben würde, diese Aufgal
ihren einzelnen Theilen weiter zu verfolgen, so entschlofs
Forbes zuerst, den Durchgang der von verschiedenen Wä
quellen ausgehenden Strahlen durch Pulver anderer, nicht
tallischer oder wenigstens nicht regulinisch metallischer,
gleicher Körper durch vorläufige, wenn auch nicht def
entscheidende Versuche auszumitteln. Die folgende Ta
enthält in Procenten die Menge der durchgelassenen Str
wobei die Pulver allezeit aufgestreut, zwischen zwei S
salzplatten eingeschlossen, diese aber an den Rändern ver
und auf Diaphragmen von Karten befestigt waren. Bei
Anwendung der Lampe ohne Glasschornstein (Locatelli
waren, wie oben, die in der Tabelle genannten Schirme
geschaltet. Uebrigens wurden, so wie auch oben, zu
verschiedenen Versuchsreihen nicht dieselben, sondern a
mit Pulver bestreute Platten verwandt, so dafs die Resultate
mit einander, sondern blofs unter sich vergleichbar sind.

---

1) Forbes erwähnt, dafs Wärmestrahlen von heifsem Kupfer
heifsem Wasser *unter denselben Umständen* nur 56 und 58 Pr
verloren hätten, da doch eine dünne Glasplatte diese Strahlen fa
nicht durchlasse. Allein hierbei konnten die Umstände nicht
gleich seyn, denn sonst hätte die Glastafel eingeschaltet seyn mi
durch welche aber diese Strahlen gar nicht oder in wahrsch
unmefsbar geringer Menge dringen konnten.

Digitized by Google

Pulver	Gemeine Lampe: Glas		Berufstes Stein-salz	Dunkles Ku-pfer	Heifses Was-ser
Alaun, erste Reihe . .	17,0	. . .	. . .	17,1	. . .
zweite Reihe . .	15,2	. . .	. . .	13,0	. . .
Citronens., erste Reihe	29,0	. . .	30,0	33,0	31,5
zweite Reihe	12,9	. . .	. . .	8,7	. . .
Steinsalz, erste Reihe	12,8	13,4	11,8	11,3	. . .
zweite Reihe	31,5	. . .	. . .	29,2	. . .
Schwefel	50,0	. . .	. . .	44,7	. . .
Mennig	30,2	. . .	. . .	34,0	. . .
Bleiglanz	26,3	. . .	22,4	. . .	. . .
Holzkohle	5,0	. . .	. . .	9,0	. . .
— erste Reihe . .	11,4	. . .	13,9	. . .	. . .
— zweite Reihe	15,1	. . .	. . .	16,0	17,0
— dritte Reihe .	3,2	. . .	. . .	3,5	. . .
Kalk, erste Reihe . . .	30,5	. . .	. . .	34,5	. . .
— zweite Reihe . . .	15,5	15,6	18,4	17,9	. . .
— dritte Reihe . . .	27,5	. . .	. . .	32,0	. . .
Kohlensaure Magnesia .	8,3	. . .	12,6	. . .	. . .

Ohne die Folgerungen aufzusuchen, die sich aus diesen gefundenen Gröfsen entnehmen lassen, verdienen vorzugsweise auch die Procente der aus verschiedenen Quellen strahlenden Wärme, die durch nachfolgende Substanzen durchgelassen wurden, nicht unbeachtet zu bleiben.

Substanzen	Wärmequellen: Lampe ohne Schirm	Ku-pfer	Heifses Wasser
Goldschlägerhaut . . .	60,0	28,0	. . .
Cambrick-Papier . . .	8,6	10,5	. . .
Strohpapier	36,0	28,0	. . .
gesponnenes Glas . . .	47,5	44,0	42
Steinsalz, berufst . . .	30,2	58,0	67
rauh gemacht	49,0	73,0	76
polirt und gefurcht	49,5	73,0	77

Forbes stellt die wichtigsten, aus den hier mitgetheilten Versuchsreihen erhaltenen Resultate zur leichteren Uebersicht zusammen. Hiernach findet man die Eigenschaft, die sogenannte *dunkle Wärme leichter durchzulassen* (dem Durchgange

Ag. (Ecke Kärntnerstr.). 5. Cafe Hochhaus (Pl. 5), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 6. Cafe Imperial (Pl. 6), Kärntnerstr. 16, Ecke Neuer Markt, Bier, Wein, Restauration. 7. Cafe Kaiserhof (Pl. 7), Kärntnerstr. 4, Ecke Operngasse, Bier, Wein, Restauration. 8. Cafe Kremser (Pl. 8), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 9. Cafe Meierei (Pl. 9), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 10. Cafe Meierei (Pl. 10), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 11. Cafe Meierei (Pl. 11), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 12. Cafe Meierei (Pl. 12), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 13. Cafe Meierei (Pl. 13), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 14. Cafe Meierei (Pl. 14), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 15. Cafe Meierei (Pl. 15), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 16. Cafe Meierei (Pl. 16), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 17. Cafe Meierei (Pl. 17), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 18. Cafe Meierei (Pl. 18), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 19. Cafe Meierei (Pl. 19), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 20. Cafe Meierei (Pl. 20), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 21. Cafe Meierei (Pl. 21), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 22. Cafe Meierei (Pl. 22), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 23. Cafe Meierei (Pl. 23), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 24. Cafe Meierei (Pl. 24), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 25. Cafe Meierei (Pl. 25), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 26. Cafe Meierei (Pl. 26), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 27. Cafe Meierei (Pl. 27), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 28. Cafe Meierei (Pl. 28), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 29. Cafe Meierei (Pl. 29), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 30. Cafe Meierei (Pl. 30), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 31. Cafe Meierei (Pl. 31), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 32. Cafe Meierei (Pl. 32), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 33. Cafe Meierei (Pl. 33), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 34. Cafe Meierei (Pl. 34), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 35. Cafe Meierei (Pl. 35), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 36. Cafe Meierei (Pl. 36), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 37. Cafe Meierei (Pl. 37), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 38. Cafe Meierei (Pl. 38), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 39. Cafe Meierei (Pl. 39), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 40. Cafe Meierei (Pl. 40), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 41. Cafe Meierei (Pl. 41), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 42. Cafe Meierei (Pl. 42), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 43. Cafe Meierei (Pl. 43), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 44. Cafe Meierei (Pl. 44), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 45. Cafe Meierei (Pl. 45), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 46. Cafe Meierei (Pl. 46), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 47. Cafe Meierei (Pl. 47), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 48. Cafe Meierei (Pl. 48), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 49. Cafe Meierei (Pl. 49), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 50. Cafe Meierei (Pl. 50), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 51. Cafe Meierei (Pl. 51), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 52. Cafe Meierei (Pl. 52), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 53. Cafe Meierei (Pl. 53), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 54. Cafe Meierei (Pl. 54), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 55. Cafe Meierei (Pl. 55), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 56. Cafe Meierei (Pl. 56), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 57. Cafe Meierei (Pl. 57), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 58. Cafe Meierei (Pl. 58), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 59. Cafe Meierei (Pl. 59), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 60. Cafe Meierei (Pl. 60), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 61. Cafe Meierei (Pl. 61), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 62. Cafe Meierei (Pl. 62), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 63. Cafe Meierei (Pl. 63), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 64. Cafe Meierei (Pl. 64), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 65. Cafe Meierei (Pl. 65), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 66. Cafe Meierei (Pl. 66), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 67. Cafe Meierei (Pl. 67), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 68. Cafe Meierei (Pl. 68), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 69. Cafe Meierei (Pl. 69), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 70. Cafe Meierei (Pl. 70), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 71. Cafe Meierei (Pl. 71), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 72. Cafe Meierei (Pl. 72), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 73. Cafe Meierei (Pl. 73), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 74. Cafe Meierei (Pl. 74), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 75. Cafe Meierei (Pl. 75), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 76. Cafe Meierei (Pl. 76), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 77. Cafe Meierei (Pl. 77), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 78. Cafe Meierei (Pl. 78), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 79. Cafe Meierei (Pl. 79), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 80. Cafe Meierei (Pl. 80), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 81. Cafe Meierei (Pl. 81), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 82. Cafe Meierei (Pl. 82), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 83. Cafe Meierei (Pl. 83), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 84. Cafe Meierei (Pl. 84), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 85. Cafe Meierei (Pl. 85), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 86. Cafe Meierei (Pl. 86), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 87. Cafe Meierei (Pl. 87), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 88. Cafe Meierei (Pl. 88), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 89. Cafe Meierei (Pl. 89), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 90. Cafe Meierei (Pl. 90), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 91. Cafe Meierei (Pl. 91), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 92. Cafe Meierei (Pl. 92), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 93. Cafe Meierei (Pl. 93), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 94. Cafe Meierei (Pl. 94), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 95. Cafe Meierei (Pl. 95), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 96. Cafe Meierei (Pl. 96), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 97. Cafe Meierei (Pl. 97), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 98. Cafe Meierei (Pl. 98), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 99. Cafe Meierei (Pl. 99), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration. 100. Cafe Meierei (Pl. 100), Kärntnerstr. 51, Ecke Walfischgasse, Bier, Wein, Restauration.

Bibliothek, die in den Jahren 1884 bis 1886 in Berlin erschien. Sie ist in 4 Bänden, die Einleitung und Register enthalten, 24 Abtheilungen erschienen. Der Verfasser hat sich die Aufgabe gestellt, die Geschichte der Deutschen Literatur in Biographien darzustellen, und hat dabei die Form eines Handbuches gewählt. Die Biographien sind kurz und gedrängt, aber in der Regel gut. Es ist ein Vorzug des Werkes, daß es auch die Literatur der Gegenwart berücksichtigt, und daß es auch Schriftsteller behandelt, die nicht zu den Dichtern ersten Ranges gehören. Die Einleitung enthält eine Geschichte der Deutschen Literatur, die Register sind sehr ausführlich und sorgfältig gearbeitet.

Die Deutsche Bibliothek. Eine Sammlung der hervorragendsten Werke der Deutschen Literatur. Herausgegeben von Wilhelm Hertz. Berlin, Spemann. Bis jetzt sind 12 Bände erschienen. Die Sammlung enthält Werke von Lessing, Wieland, Herder, Schiller, Goethe, Jean Paul, Tieck, Novalis, Hauff, Eichendorff, Uhland, Kleist, Hebbel, Grillparzer, Gotthelf, Auerbach, Gottfried Keller, Meyer, Storm, Heyse, Scheffel, Freytag, Reuter, Fritz Reuter, Rosegger, Ebner-Eschenbach, Hamerling, Anzengruber, Ludwig, Raabe, Spielhagen, Fontane, Wilbrandt, Ompteda, Ernst, Sudermann, Hauptmann, Ganghofer, Viebig, Polenz, Frenssen, Bleibtreu, Conrad Ferdinand Meyer, Liliencron, Dehmel, Falke, Greif, Henckell, Holz, Hart, Bierbaum, Busse, Mackay, Wedekind, Ernst, Schlaf, Hartleben, Scheerbart, Wolzogen, Wassermann, Bölsche, Bonsels, Hesse, Ilg, Lienhard, Stehr, Thoma, Wiegand, Wolfenstein, Zobeltitz, Ompteda, Ernst, Sudermann, Hauptmann, Ganghofer, Viebig, Polenz, Frenssen, Bleibtreu, Conrad Ferdinand Meyer, Liliencron, Dehmel, Falke, Greif, Henckell, Holz, Hart, Bierbaum, Busse, Mackay, Wedekind, Ernst, Schlaf, Hartleben, Scheerbart, Wolzogen, Wassermann, Bölsche, Bonsels, Hesse, Ilg, Lienhard, Stehr, Thoma, Wiegand, Wolfenstein, Zobeltitz.

Die Deutsche Bibliothek. Eine Sammlung der hervorragendsten Werke der Deutschen Literatur. Herausgegeben von Wilhelm Hertz. Berlin, Spemann. Bis jetzt sind 12 Bände erschienen. Die Sammlung enthält Werke von Lessing, Wieland, Herder, Schiller, Goethe, Jean Paul, Tieck, Novalis, Hauff, Eichendorff, Uhland, Kleist, Hebbel, Grillparzer, Gotthelf, Auerbach, Gottfried Keller, Meyer, Storm, Heyse, Scheffel, Freytag, Reuter, Fritz Reuter, Rosegger, Ebner-Eschenbach, Hamerling, Anzengruber, Ludwig, Raabe, Spielhagen, Fontane, Wilbrandt, Ompteda, Ernst, Sudermann, Hauptmann, Ganghofer, Viebig, Polenz, Frenssen, Bleibtreu, Conrad Ferdinand Meyer, Liliencron, Dehmel, Falke, Greif, Henckell, Holz, Hart, Bierbaum, Busse, Mackay, Wedekind, Ernst, Schlaf, Hartleben, Scheerbart, Wolzogen, Wassermann, Bölsche, Bonsels, Hesse, Ilg, Lienhard, Stehr, Thoma, Wiegand, Wolfenstein, Zobeltitz.

nomene wird das Vorhandenseyn eines eigenthümlichen, über verbreiteten Lichtäthers angenommen, und so erfordern Wärmephänomene, der Analogie nach, gleichfalls das Vorha denseyn irgend eines materiellen Substrates, weil ohne ein ches der Begriff von Undulationen von selbst wegfallen m Hiernach ist also die eigentliche Frage die, ob nicht blofs Undulationen, auf welche wir einen grofsen Theil der W mephänomene zurückführen, sondern auch diejenige Wä welche auf eine anderweitige, sehr heterogene Weise sich hält, auf eigenthümliche Vibrationen der gewöhnlichen m riellen Stoffe zurückzuführen sind, oder auf eine eigenthümli Grundlage, einen Wärmestoff, und ob im letzteren Falle d Basis mit dem Lichtäther identisch oder von eigenthümli Beschaffenheit ist.

360) Schon oben ist mehrmals erwähnt worden, dafs M LONI die Existenz eigenthümlich verschiedener Wärmestra annimmt, die er *farbige* nennt, weil sie auf ähnliche W als farbige Lichtstrahlen, von gewissen Körpern leicht du gelassen werden, welche andere Wärmestrahlen nicht du lassen, worauf eben die von ihm sogenannte *Diatherma* beruht. Die schon hieraus hervorgehende Aehnlichkeit schen Licht und Wärme zeigt sich auch anderweitig, MELLONI[1] sagt daher am Ende seiner Hauptabhandlung: „der Gesammtheit der Thatsachen über die strahlende W „ersieht man, dafs dieses Wesen ganz wie das Licht fo „pflanzt, zurückgeworfen, gebrochen und polarisirt wird, „wenn diese Eigenschaften häufig unbemerkt bleiben, so man dieses einem Mangel von Diathermanie bei den m „Körpern zuschreiben, oder der ganz besondern Weise „welcher ihre Absorption sich auf die Wärmestrahlen äuf Einige Körper, als Luft und Steinsalz, lassen sowohl die L strahlen, als auch die Wärmestrahlen frei durch, ander sorbiren die Lichtstrahlen vollständig, z. B. schwarzes lassen aber gewisse Wärmestrahlen frei durch, noch ander für das Licht völlig durchgängig, fangen aber alle W strahlen vollständig auf. Das nämliche Verhalten zeig hinsichtlich der Reflexion. Völlig weifse Substanzen rel ren oder absorbiren, je nach ihrer eigenthümlichen Besch

1 Poggendorff's Ann. XLIII. 283.

Digitized by Google

, aufserordentlich verschiedene Portionen von Wärme, ab-
iren aber alle Arten Lichtstrahlen auf gleiche Weise; denn
t würde sich bei ihnen Färbung zeigen, welche nothwen-
zum Vorschein kommen müfste, wenn einige Farbenstrah-
mehr als andere reflectirt oder absorbirt würden. Aehnliche
erschiede zeigen sich bei den Polarisationsphänomenen; der
ntlichste Punct aber, welchen Melloni mit Recht hervor-
ben hat, ist folgender. Alle Körper werden durch strah-
e Wärme heifs, behalten die erhaltene Wärme noch eine
lang nach gänzlicher Entfernung der Quelle, und geben
nur durch Strahlung oder Mittheilung an umgebende Körper
ler ab, bei den meisten Körpern aber verschwindet das ab-
irte Licht augenblicklich und nur wenige halten es so zu-
, dafs sie nachher im Dunkeln leuchten[1]. Endlich aber
ndern die absorbirten Wärmestrahlen gänzlich ihre Natur.
einer unmefsbar schnellen Bewegung werden sie festge-
n, strahlen gröfstentheils nicht mehr, pflanzen sich un-
lich langsam nach allen Richtungen in den Körpern fort
gehen zu andern berührenden Körpern über. So lange
die Strahlen beider Wesen sich frei bewegen, zeigen sie
gleich in ihrem Verhalten, sie zeigen sich aber augen-
lich höchst verschieden, sobald der Gang ihrer Strahlung
d eine Hemmung erfährt, sey es an der Oberfläche oder
nem der Körper.

361) Wie sich aus dem Gesagten ergiebt, stellt Melloni
lehnlichkeiten und Verschiedenheiten beider Wesen, des

Melloni hat hierbei die *Phosphoren* durch Insolation im Auge,
bei diesen kann man nicht sagen, dafs sie das aufgenommene
wieder abgeben, zumal da das nachher ausstrahlende phospho-
Licht oft von einer andern Färbung, als das aufgenommene
vielmehr gilt das Phosphoresciren für eine Folge eingeleiteter
scher Veränderung, und hiernach mufs dieser wesentliche Un-
ied für einen absoluten gelten, sofern die absorbirten Wärme-
n festgehalten, die absorbirten Lichtstrahlen aber sofort gänz-
ertilgt werden. Vergl. Art. *Licht*. Bd. VI. S. 250. Aber auch
nmen, das Phosphoresciren bestehe in einem Wiedergeben des
nommenen Lichtes, so bleibt doch der Unterschied höchst auf-
d und die Verschiedenheit unverkennbar wesentlich, insofern
Wärmestrahlen in gleichem quantitativen Verhältnisse von allen
rn aufgenommen und wiedergegeben werden, die Lichtstrahlen
gänzlich verschwinden oder nur von einigen Körpern in sehr ge-
r Menge wieder ausströmen.

Digitized by Google

Lichts und der Wärme, zusammen, ohne nur zu versuchen, durch eine angemessene Hypothese die eben aus dem Gegensatze dieser Aehnlichkeiten und Verschiedenheiten hervorgehenden Schwierigkeiten zu beseitigen; denn sie würden nicht statt finden, wenn die Phänomene der Wärme von denen des Lichts ebenso verschieden wären, als die des Schalles, und sie würden von selbst wegfallen, wenn gar keine Verschiedenheit statt fände. Nach beiläufigen Aeufserungen ist Melloni nicht abgeneigt, einer von Ampère[1] zur Erklärung aufgestellten Hypothese beizupflichten, und bei einer Gelegenheit spricht er dieses bestimmt aus[2]. Hiernach besteht die strahlende Wärme aus Wellen, welche bei dunklen Quellen länger als die Lichtwellen sind, aber bei Quellen, die zugleich wärmend und leuchtend wirken, giebt es immer eine Gruppe von Wellen, die gleichzeitig beide Eigenschaften des Leuchtens und Wärmens besitzen. Hiernach fiele der wesentliche Unterschied zwischen strahlender Wärme und Licht weg; eine grofse Menge Aetherwellen würden auf unsern Körper fallend das Gefühl der Wärme erregen, eine geringere Anzahl derselben aber die Eigenschaft besitzen, die Retina des Auges in eine gewisse schwingende Bewegung zu setzen, um das Sehen zu erzeugen. Nun ist aber bekannt, dafs die Wärmestrahlen einer dunklen Wärmequelle nicht durch Wasser dringen; der Durchgang derselben fängt erst allmälig an, wenn die Wärmequelle leuchtend wird, und ist auch dann immer nicht bedeutend, weil das Wasser zu den wenig diathermanen Körpern gehört; wir dürfen daher nach Ampère annehmen, dafs die aus einer leuchtenden Wärmequelle ausgehenden Wärmestrahlen durch die Feuchtigkeiten des Auges absorbirt werden und dafs blofs oder fast allein die leuchtenden zur Netzhaut des Auges gelangen.

362) Die Idee, von der ungleichen Diathermanie diaphaner Körper eine Anwendung auf die Absonderung der Wärmestrahlen von den Lichtstrahlen leuchtender Wärmequellen durch die Flüssigkeiten des Auges zu machen, ist zwar höchst sinnreich, allein man darf sich dennoch nicht verleiten lassen anzunehmen

---

1 Biblioth. univ. T. XLVIII. p. 225. Poggendorff's Ann. XXV. 161. Ann. de Chim. et Phys. 1835. Avril.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. LX. p. 402 u. 418. Poggendorff's Ann. XXXVII. 486.

Digitized by Google

Die Rede ist von Land- und Seekrieg. Ich kann mir nicht denken, daß man auf dem Parlamente in Frankfurt, wo man doch so viele Gelehrte beisammen hat, nicht wissen sollte, daß Deutschland keine Seemacht hat, daß es also auch keinen Seekrieg führen kann

behalten dieselbe Lage, als wenn die nämlichen, von den Sonnenstrahlen durchdrungenen Körper ungefärbt sind. Hieraus folgt also, dafs Licht und strahlende Wärme ihre unmittelbare Entstehung zwei verschiedenen Ursachen verdanken, ohne damit jedoch die Undulationstheorie bei dem einen oder dem andern auszuschliefsen. Hiernach wird es dann auch möglich seyn, Licht und Wärme vollkommen zu trennen. Die einzigen Substanzen aber, womit dieses möglich war, sind Wasser und eine gewisse Art mit Kupfer gefärbtes grünes Glas. Das reine Licht, welches durch letzteres durchgelassen wird und viel Gelb besitzt, aber dennoch eine blaugrüne Farbe hat, wirkt nicht erwärmend auf die empfindlichsten Thermoskope, selbst wenn man dasselbe durch eine Linse so concentrirt, dafs es gleichen Glanz, wie das Sonnenlicht, zeigt.

363) Kommen wir noch einmal auf Ampère's Hypothese (§. 16) zurück, so findet dieser allerdings die *langsame Wärmeleitung* in den verschiedenartigen Körpern mit der Hypothese, dafs auch diese durch Undulationen geschehen solle, nicht wohl vereinbar, sucht diese Schwierigkeit aber dadurch zu beseitigen, dafs er annimmt, es seyen hierbei blofs die Atome thätig, woraus nach seiner Ansicht die Molecüle der Körper bestehen; allein theils ist es eine blofse, durch keine entscheidenden Gründe unterstützte Hypothese, wonach die bis jetzt als einfach betrachteten Molecüle aus Atomen zusammengesetzt seyn sollen, anderntheils ist es noch mehr rein hypothetisch, dafs die Wärmewellen blofs durch die Atome fortgepflanzt werden sollen, und findet noch obendrein auch darin, dafs alle Wellenbewegungen eine grofse Geschwindigkeit haben und eine desto gröfsere, je feiner und compacter die sie fortpflanzenden Medien sind, ein bedeutendes Hinderniſs, ein ganz unübersteigliches aber in dem Umstande, dafs nicht die Atome, sondern die Molecüle durch die in ihnen strömende Wärme mehr von einander entfernt werden.

364) Forbes[1] scheint die eben mitgetheilten Aeufserungen Melloni's wenigstens theilweise mifsverstanden zu haben, als ob darin Argumente gegen die Undulationstheorie des Lichtes und der Wärme enthalten wären, da es sich doch blofs

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XLVI. p. 246. Poggendorff's Ann. XXXVII. 501.

Digitized by Google

Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hannover, vom 8. Juli 1867 (GS. S. 1129). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 14. April 1869 (GS. S. 465). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 8. Juni 1867 (GS. S. 1129). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 15. Mai 1871 (GS. S. 375). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 15. Mai 1871 (GS. S. 375). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 12. Juni 1873 (GS. S. 267). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 29. Juni 1887 (GS. S. 237). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 26. Juli 1888 (GS. S. 237). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 26. Juli 1888 (GS. S. 237). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 26. Juli 1888 (GS. S. 237). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 26. Juli 1888 (GS. S. 237). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 26. Juli 1888 (GS. S. 237). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 30. Juli 1891 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 30. Juli 1891 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 30. Juli 1891 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 30. Juli 1891 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 30. Juli 1891 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 30. Juli 1891 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 1. August 1892 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 1. August 1892 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 1. August 1892 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 1. August 1892 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 1. August 1892 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 1. August 1892 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 3. Juli 1893 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 3. Juli 1893 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 3. Juli 1893 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 3. Juli 1893 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 3. Juli 1893 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 3. Juli 1893 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 4. August 1894 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 4. August 1894 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 4. August 1894 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 4. August 1894 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 4. August 1894 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 4. August 1894 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 5. August 1895 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 5. August 1895 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 5. August 1895 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 5. August 1895 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 5. August 1895 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 5. August 1895 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 6. August 1896 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 6. August 1896 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 6. August 1896 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 6. August 1896 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 6. August 1896 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 6. August 1896 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 7. August 1897 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 7. August 1897 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 7. August 1897 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 7. August 1897 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 7. August 1897 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 7. August 1897 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 8. August 1898 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 8. August 1898 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 8. August 1898 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 8. August 1898 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 8. August 1898 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 8. August 1898 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 9. August 1899 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 9. August 1899 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 9. August 1899 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 9. August 1899 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 9. August 1899 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 9. August 1899 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 10. August 1900 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 10. August 1900 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 10. August 1900 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 10. August 1900 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 10. August 1900 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 10. August 1900 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 11. August 1901 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 11. August 1901 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 11. August 1901 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 11. August 1901 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 11. August 1901 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 11. August 1901 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 12. August 1902 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 12. August 1902 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 12. August 1902 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 12. August 1902 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 12. August 1902 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 12. August 1902 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 13. August 1903 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 13. August 1903 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 13. August 1903 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 13. August 1903 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 13. August 1903 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 13. August 1903 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 14. August 1904 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 14. August 1904 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 14. August 1904 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 14. August 1904 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 14. August 1904 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 14. August 1904 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 15. August 1905 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 15. August 1905 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 15. August 1905 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 15. August 1905 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 15. August 1905 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 15. August 1905 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 16. August 1906 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 16. August 1906 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 16. August 1906 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 16. August 1906 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 16. August 1906 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 16. August 1906 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 17. August 1907 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 17. August 1907 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 17. August 1907 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 17. August 1907 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 17. August 1907 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 17. August 1907 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 18. August 1908 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 18. August 1908 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 18. August 1908 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 18. August 1908 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 18. August 1908 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 18. August 1908 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 19. August 1909 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 19. August 1909 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 19. August 1909 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 19. August 1909 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 19. August 1909 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 19. August 1909 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 20. August 1910 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 20. August 1910 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 20. August 1910 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 20. August 1910 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 20. August 1910 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 20. August 1910 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 21. August 1911 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 21. August 1911 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 21. August 1911 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 21. August 1911 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 21. August 1911 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 21. August 1911 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 22. August 1912 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 22. August 1912 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 22. August 1912 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 22. August 1912 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 22. August 1912 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 22. August 1912 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 23. August 1913 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 23. August 1913 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 23. August 1913 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 23. August 1913 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 23. August 1913 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 23. August 1913 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 24. August 1914 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 24. August 1914 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 24. August 1914 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 24. August 1914 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 24. August 1914 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 24. August 1914 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 25. August 1915 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 25. August 1915 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 25. August 1915 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 25. August 1915 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 25. August 1915 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 25. August 1915 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 26. August 1916 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 26. August 1916 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 26. August 1916 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 26. August 1916 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 26. August 1916 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 26. August 1916 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 27. August 1917 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 27. August 1917 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 27. August 1917 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 27. August 1917 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 27. August 1917 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 27. August 1917 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 28. August 1918 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 28. August 1918 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 28. August 1918 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 28. August 1918 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 28. August 1918 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 28. August 1918 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 29. August 1919 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 29. August 1919 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 29. August 1919 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 29. August 1919 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 29. August 1919 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 29. August 1919 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 30. August 1920 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 30. August 1920 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 30. August 1920 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 30. August 1920 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 30. August 1920 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 30. August 1920 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 31. August 1921 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 31. August 1921 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 31. August 1921 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 31. August 1921 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 31. August 1921 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 31. August 1921 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 1. September 1922 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 1. September 1922 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 1. September 1922 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 1. September 1922 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 1. September 1922 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 1. September 1922 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 2. September 1923 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 2. September 1923 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 2. September 1923 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 2. September 1923 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 2. September 1923 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 2. September 1923 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 3. September 1924 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 3. September 1924 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 3. September 1924 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 3. September 1924 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 3. September 1924 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 3. September 1924 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 4. September 1925 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 4. September 1925 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 4. September 1925 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 4. September 1925 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 4. September 1925 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 4. September 1925 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 5. September 1926 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 5. September 1926 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 5. September 1926 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 5. September 1926 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 5. September 1926 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 5. September 1926 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 6. September 1927 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 6. September 1927 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 6. September 1927 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 6. September 1927 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 6. September 1927 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 6. September 1927 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 7. September 1928 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 7. September 1928 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 7. September 1928 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 7. September 1928 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 7. September 1928 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 7. September 1928 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 8. September 1929 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 8. September 1929 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 8. September 1929 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 8. September 1929 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 8. September 1929 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 8. September 1929 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 9. September 1930 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 9. September 1930 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 9. September 1930 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 9. September 1930 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 9. September 1930 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 9. September 1930 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 10. September 1931 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 10. September 1931 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 10. September 1931 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 10. September 1931 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 10. September 1931 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 10. September 1931 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 11. September 1932 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 11. September 1932 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 11. September 1932 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 11. September 1932 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 11. September 1932 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 11. September 1932 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 12. September 1933 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 12. September 1933 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 12. September 1933 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 12. September 1933 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 12. September 1933 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 12. September 1933 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 13. September 1934 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 13. September 1934 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 13. September 1934 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 13. September 1934 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 13. September 1934 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 13. September 1934 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 14. September 1935 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 14. September 1935 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 14. September 1935 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 14. September 1935 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 14. September 1935 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 14. September 1935 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 15. September 1936 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 15. September 1936 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 15. September 1936 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 15. September 1936 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 15. September 1936 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 15. September 1936 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 16. September 1937 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Schleswig-Holstein, vom 16. September 1937 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hessen-Nassau, vom 16. September 1937 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Westfalen, vom 16. September 1937 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Rheinland, vom 16. September 1937 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Hohenzollern, vom 16. September 1937 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Verfassung und Verwaltung der Provinz Sachsen, vom 17. September 1938 (GS. S. 233). Gesetz betreffend die Ver

gen, worauf Wilhelm Gottlieb, der Bruder des Verstorbenen, die Regierung antrat. Dieser hatte sich schon in den Jahren 1806 und 1807 durch seine Tapferkeit und Entschlossenheit, mit welcher er die Vertheidigung der Festung Glogau leitete, den Namen eines tapfern Kriegers erworben. Er war es, der, als Napoleon ihn aufforderte, die Festung zu übergeben, ihm zur Antwort gab: „Ich habe keine Festung zu übergeben, sondern ich werde sie vertheidigen.“ Und er that es. Er vertheidigte sie, bis ihm der Befehl zur Uebergabe kam

Bild des Heiligen (Kreuz, Leidenswerkzeuge, Schrift) und Gebet (Vaterunser, Ave Maria, Glaubensbekenntnis, Litanei, Segen, Ablaß) sowie Gesang (Hymnen, Kirchenlieder, Psalmen, Kirchenmusik) und Tanz (Prozession, Wallfahrt, Kirchgang, Kirchweih, Kirchtanz, Totentanz, Tanz der Derwische, Tanz der Salier, Tanz der Kureten, Tanz der Korybanten, Tanz der Priesterinnen der Kybele, Tanz der Priesterinnen der Artemis Tauropolos, Tanz der Priesterinnen der Artemis Orthia, Tanz der Priesterinnen der Hera, Tanz der Priesterinnen der Demeter, Tanz der Priesterinnen der Bona Dea, Tanz der Priesterinnen der Ceres, Tanz der Priesterinnen der Vesta, Tanz der Priesterinnen der Diana, Tanz der Priesterinnen der Venus, Tanz der Priesterinnen der Juno, Tanz der Priesterinnen der Minerva, Tanz der Priesterinnen der Isis, Tanz der Priesterinnen der Hathor, Tanz der Priesterinnen der Nephthys, Tanz der Priesterinnen der Sothis, Tanz der Priesterinnen der Neith, Tanz der Priesterinnen der Selene, Tanz der Priesterinnen der Aphrodite, Tanz der Priesterinnen der Astarte, Tanz der Priesterinnen der Anahita, Tanz der Priesterinnen der Ma, Tanz der Priesterinnen der Cybele, Tanz der Priesterinnen der Atargatis, Tanz der Priesterinnen der Tanit, Tanz der Priesterinnen der Ishtar, Tanz der Priesterinnen der Nanaja, Tanz der Priesterinnen der Mylitta, Tanz der Priesterinnen der Anaitis, Tanz der Priesterinnen der Derketo, Tanz der Priesterinnen der Hekate, Tanz der Priesterinnen der Persephone, Tanz der Priesterinnen der Kore, Tanz der Priesterinnen der Hestia, Tanz der Priesterinnen der Hera, Tanz der Priesterinnen der Demeter, Tanz der Priesterinnen der Bona Dea, Tanz der Priesterinnen der Ceres, Tanz der Priesterinnen der Vesta, Tanz der Priesterinnen der Diana, Tanz der Priesterinnen der Venus, Tanz der Priesterinnen der Juno, Tanz der Priesterinnen der Minerva, Tanz der Priesterinnen der Isis, Tanz der Priesterinnen der Hathor, Tanz der Priesterinnen der Nephthys, Tanz der Priesterinnen der Sothis, Tanz der Priesterinnen der Neith, Tanz der Priesterinnen der Selene, Tanz der Priesterinnen der Aphrodite, Tanz der Priesterinnen der Astarte, Tanz der Priesterinnen der Anahita, Tanz der Priesterinnen der Ma, Tanz der Priesterinnen der Cybele, Tanz der Priesterinnen der Atargatis, Tanz der Priesterinnen der Tanit, Tanz der Priesterinnen der Ishtar, Tanz der Priesterinnen der Nanaja, Tanz der Priesterinnen der Mylitta, Tanz der Priesterinnen der Anaitis, Tanz der Priesterinnen der Derketo, Tanz der Priesterinnen der Hekate, Tanz der Priesterinnen der Persephone, Tanz der Priesterinnen der Kore, Tanz der Priesterinnen der Hestia,

367) Nach den bisher gepflogenen Untersuchungen unterliegt es keinem Zweifel, dafs die Wärme, ihrer Bewegung in den Körpern und ihrer Anhäufung in denselben ungeachtet, auf eine ähnliche Weise sich strahlend zeigt, als das Licht. Die fruchtbaren Bemühungen von Melloni und Forbes, der sonstigen nicht zu gedenken, haben die Wissenschaft um einen bedeutenden Schritt weiter gebracht und verschiedene sichere Anhaltpuncte gegeben, woran wir unsere Betrachtungen knüpfen können. Die Wärme, mag sie von leuchtenden oder dunklen Körpern ausgehen, also von Lichtstrahlen begleitet seyn oder nicht, strahlt auf sehr ähnliche Weise, als das Licht; die Wärmestrahlen jeder Art werden gebrochen, reflectirt und polarisirt, es mufs ihnen daher ein ätherisches Fluidum, wie dem Lichte, zum Grunde liegen, und die Erscheinungen der Wärmestrahlung müssen auf gleichen oder ähnlichen Undulationen beruhen, als die der Lichtstrahlung. Zu diesem Schlusse berechtigt uns die in der Physik nicht blofs erlaubte, sondern nothwendige Induction. Es liefse sich hierauf also leicht eine Theorie gründen, wollten wir einen Wärmeäther annehmen, welcher in seiner freien Existenz durch die verschiedenen, bereits angegebenen Ursachen in Undulationen versetzt würde und dann die Erscheinungen der Strahlung gäbe, zugleich aber durch die wägbare Materie angezogen, gebunden, in seiner Bewegung aufgehalten würde, sich nach dem specifischen Leitungsvermögen in ungleichen Körpern geschwinder oder langsamer bewegte, nach ihrer specifischen Capacität in gröfserer oder geringerer Menge aufgehäuft und in dieser Anhäufung bis zum Verschwinden seiner Aeufserungen gebunden würde; allein es stehen dieser Zurückführung der Wärmephänomene auf das Verhalten der sonstigen uns bekannten Materie bedeutende, zum Theil unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen, die wir vorurtheilsfrei näher prüfen wollen. Diese Schwierigkeiten erwachsen hauptsächlich aus dem Umstande, dafs das Licht stets Wärme erzeugt, mithin Lichtstrahlen allezeit mit Wärmestrahlen verbunden sind, und dafs demnach sowohl die Brechung als auch die Zurückstrahlung und Polarisation der Wärmestrahlen mit dem gleichen Verhalten der Lichtstrahlen eine sehr grofse, zur Gleichheit übergehende Aehnlichkeit haben. Es liegt daher zunächst die Frage zur Beantwortung vor, ob der Lichtstoff oder der Lichtäther mit dem Wärmestoff oder dem Wärme-

Google

Vorlesung und Sakramente verteilte, wie Hugo, der Kanonikus von St. Victor, sagt, das Amt Christi, das ist die Predigt.

Die Predigt ist also nicht nur Lehre, sondern Verkündigung, Zeugnis, Bekenntnis, Bezeugung des Glaubens, Bekenntnis der Hoffnung, Bezeugung der Liebe. Sie ist Bekenntnis der Gemeinschaft mit Christus und der Gemeinschaft der Heiligen untereinander. Sie ist Bekenntnis der Gemeinschaft mit Christus, weil sie Bekenntnis der Gemeinschaft der Heiligen untereinander ist. Sie ist Bekenntnis der Gemeinschaft der Heiligen untereinander, weil sie Bekenntnis der Gemeinschaft mit Christus ist

Rex Scotiæ, Willelmo, cum duce, et comite Northumbriæ, et Waldevo, comite, et Ivone de Vescy, et Eustachio filio Johannis, et Roberto de Ros, et Roberto de Brus, et Roberto de Estoteville, et Roberto de Ver, et Willelmo de Percy, et Willelmo de Mowbray, et Willelmo de Lascy, et Willelmo de Hastings, et Willelmo de Warenna, et Willelmo de Braose, et Willelmo de Vesci, et Willelmo de Fortibus, et Willelmo de Ferrariis, et Willelmo de Cantilupo, et Willelmo de Beauchamp, et Willelmo de Mortuo Mari, et Willelmo de Cauz, et Willelmo de Bello Campo, et Willelmo de Cantilupo, et Willelmo de Bello Campo, et Willelmo de Cantilupo, et Willelmo de Bello Campo, et Willelmo de Cantilupo

369) Eine Menge dieser Schwierigkeiten fällt jedoch von
ist weg, wenn wir die Wärmephänomene mit Consequenz unter
h erklären und nicht verlangen, andere ihnen vollkommen
iche in der Natur zu finden. Wir müssen dieses schon dann
nothwendig zugestehn, wenn wir einen Wärmestoff eige-
Art annehmen, und dürfen es um so eher, da auch das
trische Fluidum zwar Aehnlichkeit mit dem magnetischen
beide aber dennoch grofse Verschiedenheiten unter sich zei-
und zugleich auch von der Wärme und dem Lichte ver-
den sind, obgleich allen ein gewisses ätherisches Fluidum
Grunde liegt, sie sich einander wechselseitig erregen und in
ssen, auf Aehnlichkeit deutenden, Verhältnissen zu einander
n[1]. Der hypothetische Wärmeäther kann in Undulationen
etzt werden und dadurch die bekannten Phänomene her-
ringen, zugleich aber kann er an die Materie gebunden wer-
so dafs er sich anhäuft, wie dieses beim Lichte der
wahrscheinlich nicht ist, und zwar je nach der eigenthüm-
Beschaffenheit der verschiedenen Körper in ungleichem
ntitativen Verhältnisse, unter Umständen bis zum Verschwin-
seiner Aeufserungen, als latente Wärme. Berücksichtigen
dann ferner, dafs sich die Wärme als durchaus repulsives
rip zeigt, so wird es nicht schwer, einen wesentlichen
schied zwischen dem Wärmestoff und dem Lichtäther auf-
den. Letzterer ist durch das Universum verbreitet und
Undulationen erzeugen die bekannten optischen Erschei-
gen, der Wärmestoff aber, gleichfalls ein ätherisches Flui-
, wird in seiner Expansion durch die Anziehung gegen die
dere Materie bedingt, mufs sich demnach in den Körpern
nfen, diese aber wieder verlassen, hauptsächlich wenn die
chung ihrer ponderabeln Molecüle eine Aenderung erleidet,
wenn er in gröfserer Menge darin vorhanden durch an-
minder gesättigte stärker angezogen wird; seine Bewegung
ist eine langsam fortschreitende, wenn er von Molecül
Molecül übergehen mufs, und eine strahlende, wellenartige,
n diese Molecüle fehlen oder zu weit von einander ab-
n. Der Wärmestoff zeigt diese seine wesentlichen Eigen-
aften, die Expansion und Attraction, in keinem Phänomene

[1] Das elektrische Fluidum scheint mir das gröbste unter diesen
seyn und dürfte somit den Uebergang von der expansibeln Fluidis
den ätherischen bilden.

deutlicher, als bei der Verdampfung, wobei er die Flüssig keiten verläfst, zugleich aber Theilchen derselben mit sic fortreifst.

370) Bis so weit ist die Hypothese, wonach die Erschei nungen der Wärme auf ein ätherisches Fluidum mit Repulsiv kraft seiner Molecüle unter sich und Anziehungskraft gegen al andere Körper zurückgeführt werden, nichts weiter, als ei Vereinigung unter sich und mit anderweitigen ähnlichen übe einstimmender Thatsachen unter ein allgemeines Princip, m hat somit die nothwendige Bedingung der Wahrscheinlichk für sich. Die grofse Uebereinstimmung zwischen dem Verha ten der Lichtstrahlen und der Wärmestrahlen kann keinen Ei wurf gegen die Zulässigkeit dieser Hypothese abgeben, de warum soll es nicht ähnliche Stoffe mit übereinstimmend Wirkungen geben? Die so sehr zum Beweise der Identität be der in Anspruch genommene stete Verbindung von Licht u Wärme verliert ihr Gewicht, wenn man die vom leuchtend Phosphor ausgeschiedene geringe Wärme und insbesondere d Umstand berücksichtigt, dafs sich nach Melloni die Wärm strahlen von den Lichtstrahlen gänzlich trennen lassen. D glühende Körper, in denen eine unermefsliche Menge Wa angehäuft ist, Wärme ausstrahlen und dafs die hierdurch b dingten Wärmewellen zugleich den überall vorhandenen Lich äther in Schwingungen versetzen, kann, als blofse Thats aufgefafst, kein Hindernifs abgeben und scheint auch ei tiefer eingehenden Erklärung keine unüberwindlichen Schwie keiten in den Weg zu legen. Soll aber die Hypothese auf a gemeine Gültigkeit gegründete Ansprüche machen, so mufs nothwendig näher angeben, wie es zugeht, dafs mit den Str len der Sonne stets Wärmestrahlen verbunden sind, und di Aufgabe bietet so viele und grofse Schwierigkeiten dar, dafs anmafsend seyn würde, sie vollständig lösen zu wollen. Ob dieses zu beabsichtigen, mögen folgende Betrachtungen nur d zu dienen, die eigentliche Sachlage näher anzugeben.

371) Nach dem, was bis jetzt als ausgemacht gilt, kön wir uns, wie es scheint, nur auf zweierlei Weise eine Vo stellung hiervon machen. Nach der ersten und einfachsten S hen die Wärmestrahlen von der Sonne aus, die Undulation der Wärme begleiten die des Lichts und beide kommen ve

Digitized by Google

Andreä, Elisabeth, Nicolaus, Geschwister, Kinder des Johann Valentin Andreä, Sohn des Theologen Johann Andreä, Enkel des Theologen Jakob Andreä, Urenkel des Theologen Andreas Andreä, Ururenkel des Theologen Jakob Andreä, Ururgroßenkel des Theologen Andreas Andreä, Urgroßenkel des Theologen Jakob Andreä, Großenkel des Theologen

Meteorsteine zuführen, der ursprünglich feurig-flüssige Zustand unserer Erde und sonstige Analogieen, die darauf führen, die im Weltraume befindlichen, noch unveränderten, kosmischen Massen für feurig-flüssig zu halten. Nehmen wir hinzu die sehr hellen Lichtstrahlen und die kräftigen Wärmestrahlen, welche gleichzeitig von intensiv weifsglühenden Körpern ausgehen, so stellt sich eine solche Uebereinstimmung zwischen den Wirkungen der Sonne und denen gewöhnlicher irdischer Körper heraus, dafs wir kaum Anstand nehmen könnten, der hiernach so einfachen Hypothese zu huldigen; allein bei näherer Betrachtung treten dennoch sehr gewichtige Schwierigkeiten hervor, die sich nichts weniger als leicht beseitigen lassen. Die Lichtstrahlen bestehen allerdings aus blofsen Undulationen des Lichtäthers, welche ihrer Natur nach eben so wenig, als die Wellen schallender Körper, eine Anhäufung gestatten; sowohl das Licht als auch der Schall verschwinden augenblicklich mit dem Aufhören der Wellenbewegung, die Wellen der strahlenden Wärme aber werden zwar, wie jene, von den Körpern durchgelassen und reflectirt, häufen sich aber zugleich auch an, und während der strahlende Körper seine Wärme verliert, nimmt der bestrahlte dieselbe auf. Man könnte diesen Einwurf umgehen, wenn man sagte, irdische Körper, bei denen wir diesen Uebergang wahrnehmen, befänden sich nie in einem so vollkommen leeren Raume, als die Sonne, und der Uebergang der strahlenden Wärme bei den ersteren sey eine Folge der die glühenden Körper umgebenden, wenn auch noch so feinen, Materie und lasse sich daher nicht auf die Phänomene der Sonne übertragen. Hierdurch würden wir aber die gerade so wichtige einfache Analogie der himmlischen und irdischen Erscheinungen mit einer blofsen Hülfshypothese vertauschen, gegen deren Zulässigkeit noch obendrein der Umstand entscheidet, dafs sich die Wärmestrahlen der Sonne eben so, als die von irdischen Körpern ausgehenden, in den irdischen Körpern anhäufen. Wir können daher nicht wohl umhin, der Folgerung Raum zu geben, dafs die Wärme auf gleiche Weise von der Sonne strahlend ausströme, als von irdischen glühenden Körpern, und verwickeln uns dann aber hierdurch in alle die Schwierigkeiten, welche oben gegen die Wärmestrahlung der Erde gegen den Himmelsraum geltend gemacht wurden. Allerdings gewinnt die Sache eine andere Gestalt, wenn wir die Verwandlung der

Digitized by Google

Lichts in Wärme verwerfen und einen eigenen Wärmeäther von eigenthümlichen Qualitäten annehmen; immerhin müfste aber auch dieser von der Erde zurückströmen, um nicht auf der Erde, ganz gegen alle Erfahrung, bis zur bleibenden unermefslichen Menge angehäuft zu werden; die vorhandene Menge dieses Aethers mufs bei der Sonne abnehmen und im Weltraume zunehmen, was, abgesehn von sonstigen Folgerungen, an sich schon gegen die Natur eines ätherischen Fluidums streitet.

372) Die zweite Vorstellung, die wir uns von der Verbindung des Lichts und der Wärme in den Sonnenstrahlen machen könnten, ist die, wenn wir annehmen, dafs die von der glühenden und dadurch leuchtenden Sonne ausgehenden Lichtundulationen keine Wärmestrahlen mit sich führen, sondern diese erst in der Atmosphäre und den irdischen Körpern erregen. Nach dieser, der durch Marschall v. Bieberstein (§. 83) sehr ähnlichen, Hypothese wäre im Raume das Lichtäther vorhanden, der Wärmeäther eines jeden Himmelskörpers aber, mehr der Anziehung zur gröberen Materie folgend, wäre in ungleichen quantitativen Verhältnissen an diesen, also im vorliegenden Falle an die Erde, gebunden, hätte das Maximum seiner Dichtigkeit im Centrum der Erde und erhöbe sich stets abnehmend bis an die Grenze der Atmosphäre, wo die letzten Theilchen desselben durch das Gleichgewicht ihrer Expulsion mit der Anziehung gegen die wägbare Materie zurückgehalten würden. Diese Hypothese läfst sich durch eine Menge nicht unbedeutender Analogieen unterstützen, vorzüglich wenn man berücksichtigt, dafs die Erregung der Wärmewellen durch die Undulationen des Lichtäthers mit andern Phänomenen sehr genau übereinstimmt. Der Lichtäther selbst wird durch die Wärmeundulationen glühender Körper in Bewegung gesetzt, warum sollte das umgekehrte Verhalten nicht statt finden? Auf gleiche Weise wird die Elektricität, der wir gleichfalls eine wellenartige Bewegung beizulegen wohl gezwungen sind, wenn wir die aufserordentliche Geschwindigkeit der dynamischen elektrischen Strömung vorstellbar machen wollen, auch Wärme erregt, und die elektrische Strömung ruft Wärme hervor (§. 218). Nach dieser Hypothese müfste auch die Wärmesphäre unserer Erde im Innern dieses Planeten die gröfste Dichtigkeit haben, weil dort die Anziehung gegen dieselbe am stärksten ist, und sie müfste von hier aus abneh-

mend an der Grenze der Atmosphäre ihr Mimimum erreichen[1], woraus die noch immer unerklärte Kälte in den höhern Regionen[2] als nothwendige Folge hervorginge. Nach eben dieser Hypothese würden ferner verschiedene Erscheinungen zwar eine andere Gestalt bekommen, zugleich aber unter einander selbst und mit dem sonstigen Verhalten der Körper mehr übereinstimmen. Wenn angenommen wird, dafs manche Gegenden unter der äquatorischen Zone ein aufserordentlich starkes Strahlungsvermögen haben, weil bei ihnen auf grofse Hitze am Tage eine ungewöhnliche und wahrhaft unglaubliche Kälte während der Nacht folgt, so wird dieses vorzügliche Strahlungsvermögen als ein nothwendiges Erklärungsmittel zu Hülfe genommen, ohne im mindesten die Ursache nachzuweisen, warum gerade dort die Strahlung vorzüglich stark seyn soll. Nimmt man dagegen an, dafs in jenen Gegenden die Sonnenstrahlen zwar von Wärmestrahlen aus der Atmosphäre begleitet sind, sofern in letzterer der Wärmestoff überall verbreitet ist, dafs aber ebendaselbst die Wärme des Bodens bedeutend in Bewegung gesetzt und durch die aufsteigende heifse Luft in die Höhe gehoben, mithin der Erdoberfläche in grofser Menge entzogen wird, so mufs nach dem Aufhören dieses Impulses ein Gebundenwerden der Wärme folgen, hieraus also eine bedeutende Kälte entstehen, und zwar um so mehr, je weniger Feuchtigkeit vorhanden ist, welche die entzogene Wärme durch Erzeugung von Wasserdampf bindet, nachher aber im Thau der Erde wieder zuführt. Es ist offenbar zugleich leichter, die Abkühlung, welche durch den Schatten einer Wolke erzeugt wird, vom Aufhören der Vibrationen des Wärmestoffes auf der Erdoberfläche abzuleiten, als von einer plötzlich eintretenden Strahlung gegen den heiteren Himmel, welche, in den bezeichneten Gegenden auch am Tage statt findet.

---

1 Hiermit stimmen die §. 291 erörterten Gesetze der Fortpflanzung der Wärme durch expansible Flüssigkeiten überein. Wollte man dagegen einwenden, dafs die Wärme in die höheren Regionen nicht durch Fortleitung, sondern durch Strahlung gelange, so mufs man zugleich zugeben, dafs die strahlenden Wärmewellen, so wie die Licht- und Schallwellen, im Fortgange abnehmen und endlich aufhören, und bei der mit der Höhe so bedeutend abnehmenden Wärme können füglich das Ende der Wärmewellen, die von unserer Erde ausgehen, in die Grenze unserer Atmosphäre setzen.

2 Vergl. Art. *Erde*. Temperatur der Atmosphäre. Bd. IV. S. 1

by Google

und bei Nacht in vorzüglichem Grade wirksam, nothwendig eine allgemeine Verminderung der Temperatur zur Folge haben müfste. Hieraus liefse sich dann auch eine Erklärung des räthselhaften Phänomens entnehmen, worüber bereits[1] ausführlicher gehandelt worden ist, nämlich die hauptsächlich für Menschen empfindliche *Kälte* im Augenblicke des *Sonnenaufganges* und *Sonnenunterganges*. RICHARDSON[2] erzählt, dafs unter hohen nördlichen Breiten die im Freien befindlichen Personen eine plötzliche Kälte in dem Augenblicke empfinden, wenn der obere Sonnenrand sich über den Horizont erhebt. Der aufgestellten Theorie nach würde folgen, dafs der Anfang der Wärmeoscillationen in den oberen Regionen der Atmosphäre, wohin sich der Wärmestoff dann zieht, so wie das Aufhören dieser Oscillationen beim Untergange der Sonne die hierfür vorzüglich empfindlichen Nerven der Menschen afficire.

373) Es läfst sich hier noch eine Betrachtung anknüpfen, welche zwar auf sehr unbestimmten Thatsachen beruhet, aber dennoch einige Beachtung zu verdienen scheint. Wenn wir annehmen, dafs die Wärmestrahlen von der Sonne ausgehen und von da zur Erde gelangen, so müssen diese eben so auf den Mond fallen und von diesem gegen die Erde reflectirt werden, mithin müfsten die Mondstrahlen eine gleiche erwärmende Kraft besitzen, als die directen Sonnenstrahlen, weniger derjenige Gröfse, welche durch die gröfsere Entfernung und in Folge der Absorption durch die Mondoberfläche verloren geht. Unter den verschiedensten, hierbei möglichen Bedingungen wollen wir den einfachsten Fall annehmen, in welchem die Erde und der Mond mit der Sonne ein gleichschenkeliges Dreieck bilden, folglich die von der Sonne ausgehenden, gegen die Erde reflectirten Lichtstrahlen einen längeren Weg zurückzulegen haben, als diejenigen, welche von der Sonne unmittelbar zur Erde gelangen. Setzen wir die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde = 55000 Meilen = a, den Halbmesser der Sonnenbahn = 1, so beträgt die Länge des Weges, welchen die durch den Mond gegen die Erde reflectirten Strahlen zu durchlaufen haben, 1 + a, und wenn die Intensitäten der Wärme-

---

[1] Art. *Temperatur*. Bd. IX. S. 365.

[2] Narrative of a second expedition to the shores of the Polar-Sea etc. By Franklin. Lond. 1828. 4. App. II.

Digitized by Google

strahlen sich umgekehrt wie die Quadrate der Entfernung verhalten, so giebt dieses das Verhältnifs $(1+a)^2$ zu 1^2, od mit Weglassung der höheren Potenzen $1+2a:1$. Der Wer von a beträgt sehr nahe $\frac{1}{38}$, und die Intensität der reflectir ten Strahlen würde also durch den Einfluſs dieser Bedingu 0,95 der direct anlangenden betragen, mithin müfsten die vo Monde zur Erde gelangenden Strahlen ohne Concentrirung e Thermometer um 9°, 5 C. steigen machen, wenn es in d Sonnenstrahlen um 10° C. steigt. Ungleich gröfser und zugle selbst nicht einmal mit genäherter Genauigkeit bestimmbar der Einfluſs der Absorption durch die Oberfläche des dunkl Mondkörpers. Nach Melloni's (§. 325) Versuchen reflectir polirte Messing- und Bergkrystallflächen nur 0,44 der auffa lenden Wärmestrahlen. Wollen wir also annehmen, daſs d Oberfläche des Mondes tausendmal weniger reflectirte, so wü den durch die Mondstrahlen nur $0{,}00044 \times 9{,}5 = 0°{,}00418$ Wärme erzeugt werden, aber auch diese geringe Gröfse müſs durch Forbes wahrgenommen worden seyn, wenn wir auf seinen (§. 100) angegebenen Bestimmungen Vertrauen schenk Auch diese Betrachtung liefert daher ein Argument, wenn au nur ein schwaches, zur Unterstützung der Hypothese, daſs d Wärmestrahlen nicht unmittelbar von der Sonne ausgehen, so dern durch den Impuls der Lichtwellen in unserer Atmosph und unserem Erdkörper erst erzeugt werden, denn alsdann könn ten wir annehmen, daſs die schwachen Strahlen des Mon lichtes diese Wirkung zu äufsern nicht vermöchten. Wir kö nen die Wärmeintensität der Intensität des Lichtes nicht allg mein proportional setzen, wenn dieses auch für die Sonn strahlen ohne nähere Prüfung angenommen wird. Wäre die aber zulässig, so sind die Lichtstrahlen des Mondes 300000 schwächer, als die des Sonnenlichtes im Mittage, und e 30000fache Concentrirung der ersteren müfste also nahe 1° Wärme geben, was aber gleichfalls nach Forbes der F nicht ist.

Obgleich keine directen Beweise für die Hypothese, w nach die Wärmestrahlen nicht von der Sonne selbst ausgeh sondern erst durch die Lichtwellen in der Atmosphäre und d irdischen Körpern erzeugt werden, sich aufstellen lassen, giebt es dagegen auch keine gewichtigen Gegengründe gegen ih Zulässigkeit, und sie empfiehlt sich noch aufserdem durch ih

Digitized by Google

Einfachheit und durch den Umstand, dafs wir vermittelst derselben ein unnatürliches stetes Ausströmen des Wärmestoffes aus der Sonne ohne merkbare Abnahme ihrer Temperatur, so wie die wohl naturwidrig zu nennende stete Wanderung des Wärmestoffes von der Sonne zur Erde und von dieser wieder rückwärts zu jener umgehen. Ein dagegen aufzustellendes Argument ist leicht zu widerlegen. Man könnte sagen, nach dieser Hypothese müsse die Wärme der Sonnenstrahlen in gröfseren Höhen wegen geringerer Dichtigkeit des dortigen Wärmeäthers weniger intensiv seyn, statt dafs die Thermometer eben dort stärker afficirt werden (§. 53). Dieser Einwurf läfst sich jedoch beseitigen, wenn man berücksichtigt, dafs die Dichtigkeit des Wärmeäthers in den Körpern, die wir den Sonnenstrahlen aussetzen, also auch in den dorthin gebrachten Thermometern, in jeder Höhe gleich ist und daher auch überall eine gleiche Intensität der Wärme durch die in ihnen erregten Wärmeundulationen erzeugt werden mufs; in der Luft selbst aber werden geringere Wärmemengen hervorgerufen, worauf eben die mit der Höhe zunehmende Kälte beruhet. Zur Anhäufung der Wärme in den von der Sonne beschienenen Körpern ist stets Wärme genug in der Umgebung vorhanden, und sie wird durch das Licht um so stärker hervorgerufen, je weniger dieses in Folge seines Durchganges durch die Luft geschwächt ist. Vorzugsweise aber wird man dieser Hypothese die durch so viele Autoritäten als erwiesen betrachtete Wärmestrahlung gegen den heitern Himmel entgegensetzen. Dieses Argument ist allerdings schwer zu widerlegen, wenn man einmal zugesteht, dafs diese Strahlung in der Weise statt findet, als gewöhnlich angenommen wird. Es läfst sich indefs Folgendes darüber sagen. Viele mit dem *Aethrioskop* erhaltene Resultate beruhen sicher auf Täuschung. Es ist undenkbar, dafs in heiteren und windstillen Nächten bei vollkommen ruhender Luft die kalten Luftschichten nicht herabsinken sollten, um so mehr, wenn die Luft bei Tage durch ihre Expansion zum Aufsteigen vermocht ist[1]. Ein solches Niedersinken gewahrt man täglich im Winter in erwärmten Zimmern an Fenstern bei beträcht-

1 Das *Thauen* wäre hiernach einfach nur der umgekehrte Procefs des Aufsteigens der erhitzten, mit Wasserdampf beladenen Luft, welcher durch Abkühlung des am Tage erwärmten Bodens von selbst erfolgen müfste.

Digitized by Google

licher äufserer Kälte, und wollte man diese niedersinkend Luftströme mit einem Aethrioskop auffangen, so würde ma ganz gleiche Wirkungen wahrnehmen, die man doch schwe lich als Folge einer Strahlung betrachten dürfte[1]. Gesetzt ab auch, dieses reichte zur Erklärung aller Phänomene der Strah lung nicht hin, so mufs doch nothwendig die aus den höhere Regionen durch die Lichtstrahlen herabgeführte Menge d Wärmeäthers nach dem Aufhören dieses Impulses in die höhe ren Regionen wieder zurückkehren, und dieser Rückgang wi dann die Strahlung. Dabei wird stets vorausgesetzt, dafs d Wärmefluidum durch zwei Kräfte sollicitirt wird, die seine Molecülen eigenthümliche Expansivkraft und die nicht mind von ihnen unzertrennliche Anziehung gegen die Molecüle d wägbaren Materie; beide streben nach stabilem Gleichgewicht und stellen dieses wieder her, wenn es durch irgend eine Ur sache gestört ist.

Im Ganzen möge diese, vielen Erscheinungen leicht anz passende, Hypothese als ein Versuch gelten, die verwickelte Functionen der Wärme aus einem andern Gesichtspuncte zu be trachten und unter sich selbst sowohl, als auch mit den be kannten Naturgesetzen überhaupt mehr in Einklang zu bringe als bisher geschehen ist.

4) Wärmecapacität der Körper, specifische Wärm und relative Wärme.

374) Wenn irgend ein gegebener Körper eine gewisse Tem peratur hat, die nach einer willkürlichen Thermometerscale g messen = t seyn möge, ein anderer Körper aber eine hiervon ab weichende, die nach derselben Scale gemessen = t' ist, und bei werden mit einander vereinigt, so zeigt die Wärme beider na der Vereinigung ein sehr verschiedenes Verhalten. Sind zuer die Körper einander gleich, also wenn man z. B. Wasser m Wasser, Quecksilber mit Quecksilber, Eisen mit Eisen verbi det, so ist die Wärme dem arithmetischen Mittel der in di

1 Das Herabsinken kälterer Schichten tropfbarer Flüssigkeit erfolgt mit solcher Feinheit, dafs man dadurch das Maximum ihr Dichtigkeit aufzufinden vermag, s. §. 380, warum sollte es bei expa siblen Flüssigkeiten nicht gleichfalls statt finden? In beiden Fäll ist dann Ruhe nothwendige Bedingung, statt dafs für eigentliche Wärmestrahlung das Ruhen der Luft nicht erfordert wird.

Digitized by Google

Theilen früher vorhandenen gleich. Sind daher beide vereinte Massen einander gleich, so ist die Wärme T nach der Vereinigung

$$T = \frac{t + t'}{2},$$

und aber die Massen verschieden und heifsen sie m und m', so ist

$$T = \frac{m\,t + m'\,t'}{m + m'}.$$

Beide Ausdrücke sind eigentlich identisch, sofern bei der ersten beide Massen der Einheit gleichgesetzt werden. Vereinigt man statt dessen zwei verschiedene Körper, so erhält man sehr abweichende Werthe = T', wobei T' bald gröfser, bald kleiner ist, als T. Hieraus folgt evident, dafs die Menge von Wärme auch ganz eigentlich quantitativer Bestimmung, wenn man von einem willkürlichen Puncte der Thermometerscale, am besten vom Nullpuncte derselben, ausgeht), welche die Temperatur des einen gegebenen Körpers durch Hinzukommen vermehrt oder durch Wegnehmen vermindert, für gleiche Mengen von Grad ganz verschieden ist. Bezieht man dieses auf die Massen der Körper, die durch das Gewicht bestimmt werden, so erhält man dasjenige, was Wilke durch *eigenthümliche*, Crawford durch *comparative* Wärme oder *Wärmecapacität* der Körper, Gadder durch *wärmebindende Kraft* bezeichneten, was man nun später specifische Wärme (*calor specificus*; chaleur specifique; *specific Caloric*) genannt hat. Herschel [1] bemerkt, dafs man lange vergebens gestrebt habe, den Grund dieser räthselhaften Erscheinung aufzufinden, bis endlich die atomistische Theorie einen Schlüssel zu ihrer Lösung darbot.

375) Der Erste, welcher diesen Unterschied der Körper auffand, war Boerhave [2], indem er durch Fahrenheit Mischungsversuche anstellen liefs; allein diese waren theils zu ungenau, theils wurden sie von ihm unrecht gedeutet, indem er glaubte, die Wärme der Mischung müsse der halben Differenz der Temperaturen beider verbundenen Massen gleich seyn, und demnach konnte er zu keinem genügenden Resultate gelangen.

---

1 Encyclop. metrop. Art. *Heat.* p. 304.

2 Elementa chemiae T. I. p. 296.

Digitized by Google

Der grofse Irrthum wurde sehr bald durch Richmann[1] ver bessert, indem er das nach ihm genannte *Richmann'sche Ge* aufstellte, dafs $T = \frac{mt + m't'}{m + m'}$ ist, woraus sich auch die We the von m′ oder t′ für ein bekanntes T auffinden lassen, vo ausgesetzt dafs die Versuche sich mit absoluter Genauigk anstellen lassen. Es versteht sich jedoch von selbst, dafs di ses Gesetz nur für gleiche Körper, z. B. Wasser mit Wass Quecksilber mit Quecksilber u. s. w., gültig ist. Von we richtigeren Principien ging Black[2] aus, indem er zwisch 1760 und 1765 nicht blofs das eben erwähnte Gesetz kann sondern auch die Methode der Vereinigung verschiedener Kö per zur Auffindung ihrer specifischen Wärme anwandte, in we chem Bemühen ihm Irvine[3] folgte. Die Bemühungen Beid wurden erst später durch Crawford bekannt, nachde Wilke[4] die Aufgabe im Jahre 1772 im weiteren Umfange be handelt hatte, dessen erhaltene Resultate um so gröfseres Au sehen machten, je entscheidender sie in dem Streite über d eigentliche Wesen der Wärme waren. Zur Untersuchung führt ihn die Beobachtung, dafs der Schnee beim Schmelzen fort dauernd Wärme aufnimmt, ohne Erhöhung seiner Temperat woraus er schlofs, dafs die Mengen der in verschiedenen Kö pern enthaltenen Wärme ungleich seyn könnten. Obgleich dies Phänomen bekanntlich zur latenten Wärme gehört, soveranlafs es doch die Aufsuchung der specifischen Wärmecapacität, wo Wilke auf folgende Weise verfuhr. Er erhitzte den gegeben Körper bis zu einer gewissen Temperatur, tauchte ihn dann ein gleiches Gewicht eiskalten Wassers, mafs die Erhöhung d Temperatur, und berechnete dann nach Richmann's Regel, w viel Wasser von der Temperatur des eingetauchten Körpers z Hervorbringung einer gleichen Temperatur, als die gefundene, er forderlich seyn würde; hierdurch erhielt er das gesuchte Verhält nifs zum Wasser. Nach der angegebenen Formel ist diese Men

$$m' = m \frac{T - t}{t' - T}.$$

---

1 Nov. Comment. Petrop. T. I. p. 152. 168 ff.

2 Lectures on nat. phil. T. I. p. 79. 504.

3 Chemical Essays.

4 Neue Schwed. Abhandl. Leipz. 1784. T. II. p. 48. Journ. d Phys. T. XXVI.

ILKE erhitzte z. B. ein Goldstück bis 100° C., warf es dann ein gleiches Gewicht eiskaltes Wasser und fand die Tem- ratur 5° C. Hier ist also m der Einheit gleich, T = 5, = 0, t′ = 100° C., mithin m′ = $\frac{5}{95}$ oder = $\frac{1}{19}$, und also hält das Gold nur $\frac{1}{19}$ so viel Wärme, als Wasser von glei- er Temperatur, oder die specifische Wärme beider verhält h wie 1 : 19. WILKE giebt zu verstehn, dafs KLINGEN- IERNA ihn auf die Idee dieses Unterschiedes geführt habe, ERSCHEL[1] aber erfuhr von THOMSON, dafs nach einer Erzäh- g ROBISON's ein schwedischer Edelmann bei BLACK die uche um das Jahr 1770 sah und seinem Landsmann eine chricht davon mittheilte.

a) Methode der Mischungen.

376) Die angegebene Methode, verschiedene Körper mit nder zu vereinigen (*methodus mixtionis*; méthode des mé- ges; *method of mixtures*) und die specifische Wärme aus mittleren erzeugten zu bestimmen, wurde also zuerst durch ck und IRVINE in Anwendung gebracht, vorzüglich aber ch ADAIR CRAWFORD[2]. Sind zwei Körper, welche A und heifsen mögen, gegeben, nennt man ihre Massen, wie oben, und m′, ihre Temperaturen t und t′, die gemeinschaftliche peratur T, und werden ferner ihre zu vergleichenden Ca- itäten durch c und c′, die in der Einheit der Masse jedes pers bis zu 0° enthaltenen absoluten Wärmemengen durch nd x′ bezeichnet, so ist

$$mx + mct$$

Gesammtmenge der Wärme im Körper A;

$$m'x' + m'c't'$$

Gesammtmenge der Wärme im Körper B;

$$mx + m'x' + mct + m'c't'$$

Gesammtmenge beider vor der Mischung;

$$mx + m'x' + (mc + m'c')\,T$$

Gesammtmenge beider nach der Mischung; also

$$(mc + m'c')\,T = mct + m'c't'.$$

---

1 Encyclop. metrop. art. *Heat*. p. 304.

2 Experiments and observations on animal heat and the inflam- mation of combustible bodies, being an attempt to resolve these phae- nomena into a general law of nature. Lond. 1779, sec. ed. 1788.

Digitized by Google

Dieser allgemeine Ausdruck läfst sich auf mehrfache Weise in Anwendung bringen. Ist zuerst die Frage, ob die Capacitäten der Körper sich für verschiedene Temperaturen nicht ändern, so mufs für gleiche Körper die Temperatur nach der Mischung das arithmetische Mittel aus den Temperaturen beider einzelnen Körper seyn. Mischt man z. B. gleiche Mengen von Quecksilber, deren Temperaturen 100° und 50° sind, so ist $m = m'$ und $c = c'$ wird vorausgesetzt. Die Formel wird dann

$$T = \frac{1}{2}(t + t') = \frac{1}{2}(100° + 50°) = 75°.$$

Der Versuch bestätigt dieses Resultat, und es liegt dann als der Beweis, dafs nicht blofs für Quecksilber, sondern auch für andere Körper die Capacitäten bei ungleichen Temperaturen unverändert bleiben. Neuere Untersuchungen haben zwar gezeigt, dafs dieses Gesetz nicht in aller Strenge richtig ist, denn es würde sich ein Unterschied zeigen, wenn man die Wärmemengen des Quecksilbers nach seiner Ausdehnung bestimmen wollte; immerhin ist dasselbe aber annähernd richtig, und zwar so genau, dafs es erst feinerer Versuche bedurfte, um die geringen Abweichungen wahrzunehmen.

Will man die Wärmecapacität zweier Körper vergleichen oder ihre *relative specifische Wärme* auffinden, so erhält man diese aus der Formel:

$$\frac{c'}{c} = \frac{m\,(T - t)}{m'\,(t' - T)}.$$

Aufser dem angegebenen Beispiele kühlte Wilke ein bis 86° erhitztes Stück Glas in einem gleichen Gewichte Wasser von 0° C. ab und fand die Temperatur nachher = 12°,75. Es ist also

$$m = m';\ t = 0;\ t' = 86°;\ T = 12°{,}75,$$

mithin

$$\frac{c'}{c} = \frac{12°{,}75}{86° - 12°{,}75} = 0{,}174$$

oder die specifische Wärme des Glases ist = 0,174, wenn die des Wassers = 1 ist.

Man kann die Methode der Mischungen auch anwenden, wenn es sich darum handelt, hohe Temperaturen von Körpern zu bestimmen, deren Wärmecapacität bekannt ist. Hierüber

Digitized by Google

rde oben bereits geredet [1], und wir wollen daher nur mit ibehaltung der gewählten Bezeichnungen die Sache durch ein ispiel erläutern. Nach der Formel ist

$$t' = \frac{(m\,c + m'\,c')\,T - m\,c\,t}{m'\,c'};$$

r Glas, nach dem Versuche von Wilke, ist

$$m = m';\ t = 0;\ c = 1;\ c = 0{,}174$$

$$T = 12°{,}75,$$

$$t' = \frac{1{,}174 \times 12{,}75}{0{,}174} = 86.$$

Die Anwendung dieses Verfahrens erfordert inzwischen ne so leicht sich darbietende Correction, dafs diese nicht hl von einem sachkundigen Experimentator übersehn wer- n dürfte. Es wird nämlich nicht blofs das Wasser durch n hineingebrachten Körper erwärmt oder abgekühlt, sondern ch das Gefäfs, worin sich dasselbe befindet. Inzwischen ist nicht schwer, die hierfür erforderliche Correction anzubrin- n, welche darin besteht, dafs man das Gefäfs nach seiner sse und specifischen Wärme auf eine äquivalente Masse Was- reducirt und sie der Masse des Wassers hinzuzählt. Ist Masse des Gefäfses = (m), seine specifische Wärmecapaci- = (c), die des Wassers = c, so ist die auf Wasser redu- te Masse $\mu = (m)\,\frac{(c)}{c}$, und indem man sie der Masse des ssers hinzusetzt, erhält man statt m in der angegebenen rmel $m + \mu$, wofür man auch M setzen kann. Wird eine he von Versuchen angestellt, so bleibt μ eine beständige öfse, die jederzeit zu m addirt werden kann, wenn letzteres ch wechselt, und sollte (c) unbekannt seyn, so kann man ses vor dem Beginne der Versuche erst aufsuchen. Nach r Formel ist:

$$(c) = \frac{m\,c\,(T - t)}{(m)\,(t' - T)} \text{ und } (m)\,\frac{(c)}{c} = m\,\frac{T - t}{t' - T}.$$

or [2] theilt ein Beispiel von Crawford mit, welches von n auf Centesimalgrade reducirt ist. Crawford gofs 40 Un-

1 S. *Thermometer.* Bd. IX. S. 1017.
2 Traité. T. IV. p. 699.

zen Wasser von 20°,0833 in ein Gefäfs von Weifsblech, wel-
ches 42°,916 erwärmt war, und fand nach einigen Minuten di
Wärme = 20°,555. Hier ist also m = 40; t = 20°,0833
t' = 42°,916; T = 20°,555, und daraus liefsen sich die ein-
zelnen Werthe finden; es genügt aber, den Werth (m) $\frac{(s}{s}$
als constante Gröfse zu erhalten, und dieser findet sich durch
Substitution = 0,84; das untersuchte Gefäfs war also bei allen
Versuchen 0,84 Unzen Wasser gleich zu setzen.

Eine zweite Quelle, woraus bedeutende Fehler dieser Art
der Messungen entspringen, liegt in der Ausstrahlung und Ein-
strahlung der Wärme bei denjenigen Apparaten, die dazu ver-
wandt werden. Am einfachsten läfst sich dieses Hinderniſs
mindestens zum grofsen Theile, beseitigen, wenn man nach
vorläufigen Versuchen die Erhöhung oder Verminderung der
Temperatur ermittelt, welche durch die Mischung verursacht
wird, und dann vor dem eigentlichen Versuche den Apparat um
die Hälfte unter oder über diese Temperatur bringt, wonach
sich also voraussetzen läfst, dafs demnächst durch Ausstrahlung
an die Umgebung eben so viel verloren, als durch die Einstrah-
lung gewonnen wird, und beide Fehler sich somit ausgleichen.
Neuerdings hat Neumann[2] auf den Grund der Ausstrahlungs-
gesetze nach Fourier's Bestimmung die Mittel zur Correction
dieses Fehlers angegeben, allein die genaue Auffindung der nu-
merischen Werthe ist in den einzelnen Fällen mit sehr grofsen
Schwierigkeiten verbunden[3]. Endlich versteht sich von selbst,
dafs die vollständige Vereinigung der Körper zur genauen
Bestimmung ihrer anfänglichen und nachherigen Temperatur,
so wie die Richtigkeit der gebrauchten Thermometer jederzeit
zu berücksichtigen sey.

---

1 Man benennt diese Methode nach ihrem Erfinder Rumford's
Methode. S. Gilbert's Ann. XLIV. 8.

2 Commentatio de emendanda formula perquam calores corporum
specifici ex experimentis methodo mixtionis institutis computandi.
Regiom. 1834. 4.

3 Beispiele der Anwendung beider Hülfsmittel zur Vermeidung
der hieraus hervorgehenden Fehler findet man in den folgenden Unter-
suchungen mehrere.

β) Eis-Calorimeter.

377) Seit dem Jahre 1777 benutzten LAVOISIER und LAPLACE[1] das von ihnen erfundene Eiscalorimeter[2] zur Bestimmung der specifischen Wärme der verschiedenen Körper. Die Anwendung dieses Apparates beruhet auf dem Principe, dafs das Eis eine gewisse Quantität Wärme bedarf, um in flüssiges Wasser verwandelt oder geschmolzen zu werden, und man schliefst daher aus der Quantität des geschmolzenen Eises auf die Menge des in dem Körper bei einer gewissen Temperatur enthaltenen Wärmestoffes, welchen er zum Schmelzen des Eises hergiebt, bis er selbst zur constanten Temperatur desselben, nämlich zum Nullpuncte der achtzigtheiligen oder hunderttheiligen Scale, gelangt ist. BIOT bemerkt, dafs hierbei vorsichtig die Anwendung des tiefer als bis 0° C. kalten Eises vermieden werden müsse, weil sonst eine gewisse Quantität Wärme verwandt werde, um dasselbe bis zu dieser Temperatur zu erwärmen, und daher wendet man solches Eis an, welches gerade im Begriff ist zu schmelzen, so dafs man die Menge des gegebenen Wärmestoffes aus der Quantität des geschmolzenen Wassers berechnen kann. Hiernach ist zugleich erforderlich, dafs man den Versuch nicht eher beginnt, als bis das geschmolzene Wasser anfängt abzutröpfeln, weil sonst eine Quantität desselben in den Zwischenräumen der Eisstücke zurückbleiben würde. Obgleich das Eis, durch dessen Schmelzung man die zu mitgetheilte Wärme zu messen beabsichtigt, gegen das Eindringen der Wärme von aufsen durch die Wandungen des Calorimeters vermittelst des umgebenden Eises geschützt ist, so setzt sich doch dem Eindringen der äufseren Luft in den inne-

---

1 Mém. de l'Acad. de Par. 1780. Mémoires de Chim. T. I. LAVOISIER Traité élém. de Chim. Par. 1805. T. II. p. 76. Ann. de Chim. LXXXV. p. 75.

2 Vergl. *Calorimeter*. Bd. II. S. 9. Nachträglich bemerken wir, dafs WEDGWOOD in Philos. Trans. T. LXXIV. p. 371 verschiedene Einwendungen gegen die Brauchbarkeit dieses Apparates gemacht hat, welche sich aber meistens auf die Form beziehn und auf Fehler, die sehr leicht zu begehn sind, von einem geübten und behutsamen Experimentator aber vermieden werden können. Inzwischen können wegen der grofsen Menge der zum Schmelzen des Eises erforderlichen Wärme nur beträchtliche Wärmemengen damit gemessen werden und in dieser Beziehung steht dieser Apparat dem neuerdings gangbareren Wassercalorimeter nach.

ren Behälter und der hierdurch zugeführten Wärme nicht voll
ständig begegnen. Das Verschliefsen mit einem polirten u
daher die Wärmestrahlen stark reflectirenden Deckel ist zwar e
gutes Mittel, wenn die Versuche dieses gestatten, und vollstä
dig könnten die hieraus erwachsenden Fehler vermieden we
den, wenn die Versuche in einer Umgebung von genau 0°
Temperatur angestellt würden, was jedoch nur selten ange
im Ganzen aber ist der hieraus hervorgehende Fehler nic
grofs, insbesondere wenn die Temperatur der Umgebung nic
viel von 0° C. abweicht. Inzwischen räth Biot, ihn zu com
giren, indem man zwei möglichst gleiche Calorimeter anwend
deren einer blofs dem Einflusse der in sein inneres Gefäfs ei
dringenden Luft ausgesetzt ist, wodurch man in Stand gese
wird, diese Gröfse für sich zu finden und von der Gesamm
wirkung beim andern Calorimeter abzuziehn. Ist man von
völligen Gleichheit beider nicht überzeugt, so darf man
den Versuch doppelt anstellen und dabei die Calorimeter wec
seln, um den aus der Ungleichheit entstehenden Fehler zu e
fernen.

Unter der Voraussetzung, dafs die Menge der in ein
Körper enthaltenen Wärme den Graden des Thermometers p
portional ist, werden die Mengen des geschmolzenen Eises d
sen gleichfalls proportional seyn, und wenn daher dieser K
per 10° warm ist und durch Abkühlung im Calorimeter 1 K
logramm Eis schmelzt, so wird er bis 20° erwärmt und
gleichfalls zu 0° abgekühlt 2 Kilogramm und bei 30° W
3 Kilogramm schmelzen. Dieses ist im Ganzen richtig, m
destens sind die Ausnahmen hiervon sehr klein, meistens
Verschwinden, vorausgesetzt, dafs der Körper durch seine
kühlung bis 0° C. seinen Aggregatzustand nicht ändert.
ferner die Masse des Körpers = 1 und schmelzt er von
bis 0° erkaltend die Einheit von Eis, so wird eine Masse d
selben = n auch n Einheiten Eis schmelzen, was offenbar
zeigt, dafs der Wärmestoff nach ganz eigentlich quantitat
Verhältnissen in ihm vorhanden ist. In Rücksicht der Ma
ist dieses Verhältnifs völlig genau, sofern man von den nä
lichen Temperaturen ausgeht, also die einfache und die n-f
Masse bis 10° oder 20° oder t ° erhitzt. Alles dieses
jedoch nur für die nämlichen Körper gültig, es werden
ganz abweichende Resultate erhalten, sobald man verschied

Digitized by Google

Körper anwendet, und hierauf eben beruhet der Unterschied
er specifischen Wärme.

378) Um zu einem festen Anhaltpuncte zu gelangen, neh-
en wir als Einheit diejenige Wärmemenge an, welche erfor-
erlich ist, um 1 Kilogramm Eis bei 0° C. zu schmelzen. Es
eifse dann ferner x die unbekannte Wärmemenge, welche bei 0° C.
einem Kilogramm des Körpers A in was immer für einem
ustande des Gebunden- oder Ungebundenseyns vorhanden ist.
Wird die Temperatur dieses Körpers A bis zu T Graden des
egebenen Thermometers erwärmt, und schmelzt er dann, in
s Calorimeter gebracht und bis 0° erkaltend, N Kilogramme
von 0°, so müssen wir annehmen, dafs ihm durch seine
rwärmung bis zur Temperatur T so viel Wärme zugeführt
y, als diese Masse Eis zu schmelzen erfordert wird. Setzen
ir also $c = \frac{N}{T}$, so drückt dieser Quotient die Menge der
ilogramme Eis aus, welche der Körper dadurch zu schmelzen
rmag, dafs er sich um 1 Grad seiner Temperatur abkühlt
er 1 Grad der von ihm aufgenommenen Wärme wieder ab-
ebt. Für jede andere Temperatur t drückt dann $x + ct$ die
Körper A vorhandene gesammte Wärme aus, und ct giebt
gleich in Kilogrammen die Menge des Eises an, welches er
rch Abkühlung bis 0° C. zu schmelzen vermag. Ist seine Masse,
eichfalls nach Kilogrammen gerechnet, $= m$, so ist die
ärme, welche er bei 0° C. enthält, $= mx$ und diejenige,
elche er bei t Graden Temperatur enthält, $= mx + mct$,
nach also mct gleichfalls die Menge von Eis ausdrückt,
er durch Abgabe eines Grades seiner Temperatur zu schmel-
vermag. Dieses findet indefs nur Anwendung auf die näm-
hen Körper und nur so lange, als sie ihren Aggregatzustand
cht ändern; für verschiedene Körper aber oder für die näm-
hen in verändertem Aggregatzustande findet dagegen ein an-
rer Werth von c statt und dieses ist eben, was man speci-
che Wärme nennt. Ist der Körper in *fester Gestalt* und
ill man seine specifische Wärme auffinden, so erhitzt man
e vorher bestimmte Masse m desselben bis zu t Graden, bringt
n in das Calorimeter, läfst ihn darin bis 0° C. erkalten, mifst die
enge des durch ihn geschmolzenen Eises $= n$ und erhält dann:

$$mct = n, \text{ also } c = \frac{n}{mt},$$

wodurch seine specifische Wärme bestimmt ist. Lavoisier und Laplace machten z. B. folgenden Versuch, welchen B auf neues französisches Mafs und Centesimalgrade der Tem ratur reducirt hat. Sie erhitzten ein Stück Eisenblech 3,77 Kilogramm schwer in siedendem Wasser bis 97°,5 C., brac es in das Calorimeter, und als es nach 11 Stunden bis 0° erkaltet war, hatte es 0,542004 Kilogramm Eis geschmol Hieraus ergiebt sich

$$c = \frac{0{,}542004}{3{,}77264 \times 97{,}5} = 0{,}0014735.$$

Es folgt einfach aus der Natur der Sache, dafs man statt Centesimalthermometers jedes andere und ebenso statt des gew ten neufranzösischen Gewichtes jedes andere in Anwend bringen könne. Das Gewicht ist hierbei ganz willkürlich, den kommt sowohl im Zähler als auch im Nenner der Formel da sich aber die Thermometergrade blofs im Divisor befinden die Formel überhaupt angiebt, wie viel Eis durch einen der gewählten Scale geschmolzen wird, so mufs der Quo so viel kleiner seyn, je mehr Grade des gewählten Thermo ters einem gewissen Unterschiede der Temperatur zugeh Will man daher den gefundenen Quotienten auf eine an Thermometerscale reduciren, so darf man ihn nur mit Verhältnisse der Thermometerscalen multipliciren, also im gebenen Beispiele mit $\frac{100}{80}$, wenn man statt der Centesimal Reaumür'sche verlangte. Es ist aber

$$0{,}0014735 \times \tfrac{5}{4} = 0{,}001841875,$$

und eben diese Gröfse wurde ursprünglich von Lavoisier Laplace gefunden. Sie nahmen 7,7070319 Pfund Blech 78° R. Temperatur und erhielten 1,109795 Pfund geschm zenes Eis. Hiernach ist

$$c = \frac{1{,}109795}{7{,}7070319 \times 78} = 0{,}001841875,$$

wie oben. Uebrigens ist die Gröfse c nur eine relative dient dann, wenn man die Normaleinheit festgesetzt hat, zur Vergleichung.

379) Sollen die specifischen Wärmen flüssiger Körper stimmt werden, so kann man diese nicht unmittelbar in Calorimeter bringen, sondern in einem Gefäfse eingeschlo

Digitized by Google

nd es findet hierbei dann die nämliche Correction statt, welche ei der Methode der Mischungen für das Gefäfs, worin das um Messen bestimmte Wasser enthalten ist, in Anwendung ebracht wurde. Ist demnach die Masse des Gefäfses, worin ich die zu untersuchende Flüssigkeit befindet, = m, die spe-ifische Wärmecapacität seines Stoffes = c, bezeichnen m′ und diese nämlichen Gröfsen für die Flüssigkeit, t die gemein-chaftliche Temperatur beider und n die Menge des geschmol-enen Eises, so ist

$$mct + m'c't' = n, \text{ also } c' = \frac{n - mct}{m't}.$$

AVOISIER und LAPLACE z. B. nahmen zur Bestimmung der pecifischen Wärme der Salpetersäure 4 Pfund dieser Flüssig-it und gossen sie in ein Glas von 0,53125 Pfund Gewicht, des-n specifische Wärme für die achtzigtheilige Scale = 0,003215 unden war. Die Erwärmung wurde in siedendem Wasser 80° R. gebracht und es fanden sich nach 5 Stunden 66406 Pfund Eis geschmolzen. Hierin ist $n = 3{,}66406$; $= 0{,}53125$; $c = 0{,}003215$; $t = 80°$; $m' = 4$, also

$$c' = \frac{3{,}66406 - 0{,}53125 \times 0{,}003215 \times 80}{4 \times 80} = 0{,}0110232$$

r für die Centesimalscale = 0,00881856. Als sie auf gleiche ise mit Wasser verfuhren, fanden sie, dafs 1 ℔. Wasser bei 60° oder 75° C. gerade 1 ℔. Eis schmolz. Für Wasser ist also der erth von $c' = 0{,}01666 \ldots$ nach der achtzigtheiligen Scale er = 0,01333.... nach der Centesimalscale. Dividirt man die andere Substanzen gefundenen Werthe von c′ mit der ei-n oder der andern dieser Gröfsen, so erhält man für die Reau-r'sche oder die Centesimalscale die relativ specifischen Wär-n. Meistens nimmt man aber zur leichteren Uebersicht die ecifische Wärme des Wassers als Einheit an und vergleicht mit die übrigen. Es findet sich dann die des Quecksilbers = 0,029, d. h. wenn eine gegebene Menge Wasser durch 1° rmeverlust 1 Pfund Eis zu schmelzen vermöchte, so würde Pfund Quecksilber nur 0,029 Pfund zu schmelzen vermögen, e gleiche Masse Wasser aber würde nur 0°,029 Wärme ver-en und dadurch eine gleiche Masse Quecksilber um 1° er-rmen. Hierbei ist die Thermometerscale gleichgültig, denn e Regel pafst für alle auf gleiche Weise.

Digitized by Google

380) Das Eiscalorimeter läfst sich, wie Biot[1] bemer auch noch zu andern Untersuchungen, als zur Auffindung i specifischen Wärme benutzen. Verschiedene *chemische Ei bindungen* erzeugen bekanntlich Wärme, und will man de Menge kennen lernen, so erkältet man sie einzeln bis 0° verbindet sie dann und mifst die entbundene Wärme mit der Menge des durch sie geschmolzenen Eises. Lavois und Laplace gossen 1,5 Pfund Wasser zu 2 Pfund Schwe säure von 1,87051 specifischem Gewicht, beide bei 0° Tem ratur, brachten sie vereint in das Calorimeter und erhie 3,1406 Pfund geschmolzenes Eis, woraus folgt, dafs 1 Pf der vereinten Flüssigkeiten 0,8973 Pfund Eis zu schmel vermag. Selbst wenn Körper durch ihre Vereinigung Wä binden, kann man den bewirkten Wärmeverlust damit mes Hierzu ist erforderlich, sie vor ihrer Vereinigung so weit erhitzen, dafs sie vereint nicht bis 0° C. erkalten, dann Menge Eis zu bestimmen, die sie vereint bis zum Herab auf 0° C. schmelzen, und indem man diese Gröfse von Menge des Eises abzieht, die sie vom Puncte ihrer Erhit an bis zum Herabsinken auf 0° C. geschmolzen haben wür so ergiebt sich die Menge der verschluckten Wärme. An nommen die Mischung sey in ihren einzelnen Theilen Grade erwärmt, sie habe durch die Vereinigung x Grade loren und dann noch eine Menge Eis = a geschmolzen, s für eine Masse = m′ und eine specifische Wärme = c′ fenbar

$$m' c' (t - x) = a.$$

Um den Werth von c′ zu ermitteln, darf man nur die s vereinte Masse bis t′ Grade erwärmen, dann im Calorim bis 0° erkalten lassen, um die Menge des geschmolzenen = a′ zu erhalten, wodurch man

$$m' c' t' = a'$$

erhält. Nimmt man hieraus den Werth von m′ c′ und ihn in die erste Gleichung, so ergiebt sich

$$x = \frac{a' t - a t'}{a}.$$

Dafs sich vermittelst des Eiscalorimeters auch noch andere

1 Traité. T. IV. p. 401.

Digitized by Google

aben lösen lassen, namentlich die Bestimmung der durch den ebensproceſs oder durch Verbrennung erzeugten Wärme, darf ls bekannt vorausgesetzt werden und gehört nicht eigentlich n der vorliegenden Aufgabe.

γ) Wassercalorimeter.

381) Hauptsächlich zur Bestimmung der specifischen Wär- e der expansibelen Flüssigkeiten hat man sich häufig des Vassercalorimeters von verschiedener und mehrfach abgeänder- t Construction bedient, wobei jedoch im Allgemeinen das ncip zum Grunde liegt, dafs die in den untersuchten Kör- n von einer gewissen höheren Temperatur an bis zu einer drigern enthaltene Wärme dem kälteren Wasser mitgetheilt nd oder dafs umgekehrt die Körper dem wärmeren Wasser ärme entziehn. Ist dann die Masse der verschiedenen Körper kannt und zugleich die Zahl der Wärmegrade, um welche sie e gegebene Quantität Wasser erwärmen oder erkälten, so det man hieraus ihre specifische Wärmecapacität. Die Con- uction dieser, von RUMFORD zuerst gebrauchten Calorimeter Allgemeinen ist bereits beschrieben worden[1], die von den ein- hen Experimentatoren dabei angebrachten Modificationen aber den am besten bei ihren Versuchen erwähnt. Uebrigens ßt sich dieses Calorimeter ebenso gut dem Eiscalorimeter an- hen, als mit den Apparaten, die zur Auffindung der specifi- en Wärme durch Mischung dienen, in Parallele setzen. Es cht nämlich keinen wesentlichen Unterschied, ob die gege- e Wärmemenge dazu verwandt wird, eine gewisse Quanti- Eis zu schmelzen, oder eine bestimmte Masse Wasser um gewisse Menge von Thermometergraden zu erwärmen. Von der dern Seite kann man die Sache aber auch so betrachten, als die zu untersuchenden Körper mit dem Wasser gemischt rden und dessen Temperatur erhöhten; mindestens hat AWFORD, welcher sich der Methode der Mischungen be- nte, auch die specifischen Wärmen der Gasarten auf die ese untersucht, dafs er sie in Gefäfsen erwärmte und diese n im Wasser abkühlen liefs. Nehmen wir also an, dafs die die Methode der Mischungen gebrauchten Apparate als

1 S. Art. *Calorimeter*. Bd. II. S. 13.

Digitized by Google

Wassercalorimeter zu betrachten seyen, was genau genommen wohl geschehn muſs, so hätten wir bis jetzt nur zwei Methoden zur Auffindung der specifischen Wärme der Körper kennen gelernt.

δ) Methode der Abkühlung.

382) Joh. Tob. Mayer[1] stellte zuerst den Satz auf, daſs die specifische Wärme eines Körpers aus der Zeit seiner Abkühlung zu entnehmen sey. Nach seiner oben (§. 256) angegebenen Formel ist

$$L = \frac{1}{pc}, \text{ also } c = \frac{1}{Lp},$$

worin c die specifische Wärmecapacität, L das Leitungsvermögen, welches aus der Abkühlungszeit entnommen wird, und p das specifische Gewicht der Körper bezeichnen. Hrsch. bemerkt hierbei, daſs zur Bestimmung der specifischen Wärme gleiche Volumina genommen und die specifische Wärme den Zeiten der Abkühlung direct proportional gesetzt wurden. Diese bezogen sich aber auf das Volumen, und wolle man dagegen die specifische Wärme der Masse kennen lernen, so muſs mit dem specifischen Gewichte dividirt werden. Heiſse also die specifische Wärme der Masse c', die des Volumens c, so sey

$$c' = \frac{c}{p}.$$

Diese Methode ist sehr empfohlen worden durch Leslie[3], welcher viele Versuche danach angestellt hat, wie nicht minder auch Dalton[4], nach dessen Ansicht die Resultate von den Fehlern des Thermometer ganz unabhängig sind, überhaupt aber gehören hierher alle die Versuche, welche zur Bestimmung des *Leitungsvermögens* der Körper oben (§. 237 ff. Gesetze des Erkaltens

---

1 Gesetze und Modificationen des Wärmestoffs. Erlang. 17
Vergl. Gren's Journ. d. Phys. Th. III. V. Crell chem. Ann. 1793. 6. Ann. de Chim. T. XXX. p. 32.

2 Encyclop. metrop. Art. *Heat.* p. 308.

3 Experimental Inquiry into the nature of Heat. 1804.

4 Ein neues System des chemischen Theiles der Naturwissens Th. I.

Digitized by Google

Nr. 1 Kohlen, Koks usw. Nr. 1 Houille, coke, etc.

sen Verhältnifs zur Temperatur stehn, also wenn Θ die Temperatur und t die Zeit bezeichnet,

$$-\frac{\partial\Theta}{\partial t} = m\Theta, \text{ also } \text{Log. } \Theta = mt + \text{Const.}$$

seyn. Bei den Versuchen von Dulong und Petit, die für ähnliche als Norm dienen könnten, fing die Beobachtung an, wenn der zu untersuchende Körper auf 10° C. herabgegangen war, und dauerte so lange, bis er 5° erreicht hatte, also war $\Theta = 10$ und $-\text{Log. } 10 = \text{Const.}$, folglich

$$\text{Log. } 10 - \text{Log. } \Theta = mt \text{ und } m = \frac{\text{Log. } 10 - \text{Log. } \theta}{t}.$$

Es wurde die Zeit gemessen, binnen welcher die Temperatur von 10° bis zu 5° herabging, und für diese Grenze hat man daher

$$m = \frac{\text{Log. } 2}{t}.$$

Der Coefficient m, worauf es hier ankommt, läfst sich noch auf eine andere Weise bestimmen. Alle untersuchte Substanzen befanden sich in dem nämlichen, stets gleiche Strahlung ausübenden, Gefäfse. Die Temperatur oder der Bruchtheil eines Scalengrades, welchen der Körper in der Zeiteinheit bei einem Temperaturunterschiede von 1° C. verlieren mufste, welche Gröfse durch m bezeichnet wird, wurde bedingt durch die Gröfse der strahlenden Oberfläche s und das Strahlungsvermögen e derselben, die sich in allen Versuchen gleich blieben, durch die Masse des Körpers, womit das kleine Gefäfs erfüllt war, und durch dessen specifische Wärme c. Dieses giebt

$$m = \frac{se}{Mc}.$$

Beide Werthe von m einander gleich gesetzt giebt

$$\frac{se}{Mc} = \frac{\text{Log. } 2}{t}, \text{ also } Mc = \frac{set}{\text{Log. } 2}.$$

Für einen andern Körper von der Masse M′ und der specifischen Wärme c′ hat man

$$M'c' = \frac{set'}{\text{Log. } 2}, \text{ also } \frac{M'c'}{Mc} = \frac{t'}{t}.$$

Hierbei mufs der Einfluss des kleinen Gefäfses, worin die Kör-

Digitized by Google

er enthalten sind, und der Hülle, die das Thermometer ein-
chliefst, berücksichtigt werden, den man durch k bezeichnen
nn. Um diese Gröfse, die bei allen Versuchen beständig
leibt, vorher zu ermitteln, kann man Versuche mit zwei Sub-
anzen anstellen, deren specifische Wärmen genau bekannt
nd, z. B. Kupfer und Silber, und erhält dann

$$\frac{M'c' + k}{Mc + k} = \frac{t'}{t},$$

oraus sich der Werth von k entnehmen läfst. Inzwischen
tzen diese Versuche voraus, dafs alle Theilchen des in die
ülle eingeschlossenen untersuchten Körpers überhaupt und
uptsächlich in dem Augenblicke, wenn das Thermometer 10°
nd 5° zeigt, die nämliche Wärme haben, dafs ferner das her-
ragende Thermometerrohr bei allen Versuchen gleiche Men-
n Wärme verliert. Aufserdem aber hat VICTOR REGNAULT[1]
funden, dafs der rufsige Ueberzug der innern Fläche der um-
benden Hülle als sehr hygroskopische Substanz Feuchtigkeit
eht und die Herstellung eines genauen Vacuums verhindert,
oraus einige der Fehler entspringen, die er bei seinen Pro-
rsuchen nicht vermeiden konnte und die daher diese Me-
ode zur Erreichung der höchsten Genauigkeit weniger geeig-
t machen.

a) Specifische Wärme der expansibeln Körper.

383) Mehrere Gelehrte haben sich mit dem schwierigen
oblème beschäftigt, die specifische Wärme der expansibeln
ssigkeiten aufzufinden[2]. Schon CRAWFORD[3] bediente sich
r Methode der Mischungen oder, wenn man will, des Was-
rcalorimeters zu diesen Bestimmungen. In dieser Absicht
rfertigte er dünne cylindrische Gefäfse von Weifsblech, er-
rmte die in ihnen enthaltene atmosphärische Luft oder son-

---

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LXXIII. p. 1.

2 Eine ausnehmend vollständige Zusammenstellung dieser Bemü-
hungen findet man in: Dissertatio physica inauguralis de Calore fluido-
rum elasticorum specifico. Auct. ALEX. CAR. GUIL. SUERMAN. Trai. ad
Rhen. 1836. 4.

3 A. o. a. O.

Digitized by Google

Graf Ernst Heinrich, Herr zu Leiningen-Hardenburg, Dachsburg, Falkenburg und Westerburg, Sponheim, Rappoltstein, Hohenack, Geroldseck und Rhinau, Herr zu Lahr, Mahlberg, Scharfeneck, Guttenberg, Minfeld, Neuenstein, Kirchheim, Stauf, Hartenburg, Gerolzeck, Alpirsbach, Hornberg, Schenkenzell, Reichenweier, Ortenberg, Lichtenberg, Oberstein, Fleckenstein, Vinstingen, Diemeringen, Herbitzheim, Asweiler, Ingweiler, Lemberg, Bitsch, Homburg, Cleeburg, Hilpoltstein, Sulzbach, Rosenberg, Hohenstein, Pottenstein, Wernfels, Gutenberg, Weidenberg, Waischenfeld, Pegnitz, Creussen, Gössweinstein, Tüchersfeld, Stetten und Reichenbach, Burggraf zu Kirchberg, Graf zu Sponheim, Veldenz, Vianden, Dietz, Moers, Saarwerden und Lahr, Blieskastel, Graf zu Geroldseck im Sasgau, Graf zu Rappoltstein, Hohenack, Rhinau und Tännchen, Herr zu Mahlberg, Lahr, Minfeld, Scharfeneck, Gutenberg

d Austritte nicht gänzlich vermeiden konnten und aufserdem s vorausgehende Trocknen der Gase vor ihrer Erwärmung nachlässigten.

385) Die vom französischen Institute aufgegebene Preis- ge, deren durch Delaroche und Bérard eingereichte Be- twortung gekrönt wurde, veranlafste auch Clément und sormes[1], die Lösung der Aufgabe zu versuchen; sie be- schränkten sich aber zunächst auf die Bestimmung der specifi- hen Wärme der atmosphärischen Luft vermittelst des Eisca- rimeters und fanden, indem sie mehrere Tausend Liter der- lben von 0,76 Met. Druck bei 62° bis 63° Temperatur durch Eiscalorimeter strömen liefsen, die 2° bis 3° warm wieder strömten, aus der Menge des geschmolzenen Schnees die cifische Wärme derselben = 0,25, die des Wassers = 1 ge- nmen. Aufserdem füllten sie einen Ballon mit der zu un- suchenden Gasart, senkten ihn in ein Gefäfs mit heifsem asser und zählten die Zeit bis zur Erwärmung des Gases, sie aus der Ausdehnung desselben bestimmten, mittelst der chwingungen eines Pendels. Indem sie dann die Zeiten der rwärmung bis zu gleichen Graden der specifischen Wärme- pacität proportional setzten und ebenso umgekehrt einen mit zu untersuchenden Gasart gefüllten Ballon im leeren Raume halten liefsen, fanden sie die specifische Wärme der Luft 1,00; des Wasserstoffgases = 0,64; der Kohlensäure = 1,48 gleiche Volumina. Werden diese Gröfsen für das specifi- e Gewicht corrigirt, so erhält man die Werthe 1,00; 9,60 d 0,97, und auf Wasser reducirt, indem sie die specifische ärme der Luft = 0,25 gefunden hatten, erhielten sie die öfsen 0,25; 2,40; 0,24.

386) Die wichtigsten Versuche über die specifische Wärme r Gase haben Delaroche und Bérard[2] angestellt. Sie dienten sich hierzu eines Gasometers, aus welchem stets Fig. eiche Mengen der Gase ausströmten, die durch einen nach 62. kannten Gesetzen regulirten gleichmäfsigen Zufluls von Was- r ausgetrieben wurden. Die vorher getrocknete und erwärmte sart durchströmte dann ein schlangenförmig gewundenes Rohr n acht Windungen, und gab während dieser Zeit dem Was-

[1] Journ. de Phys. T. LXXXIX. p. 321.
[2] Ann. de Chimie. T. LXXXV. p. 72 ff.

Digitized by Google

sercalorimeter diejenige Wärmemenge ab, die aus der erhöhten Temperatur dieses Wassers und dem Temperaturunterschied der Gasart vor dem Eintritte in das Schlangenrohr und nach dem Ausströmen aus demselben gemessen wurde. Bei einer ersten Reihe von Versuchen brachten sie das Wasser des Calorimeters zu einer constanten Temperatur. Wenn nämlich die erhitzte Gasart das Schlangenrohr durchströmte, so gab sie an das dieses umgebende Wasser ihre Wärme ab und hatte somit beim Ausströmen die Temperatur dieses Wassers angenommen. Das Gefäfs des Calorimeters dagegen nahm die ihm und dem Wasser auf diese Weise zugeführte Wärme an, verlor aber stets durch Ausstrahlung, und dieses mufste so lange dauern, bis die Menge der zugeführten und ausgestrahlten Wärme einander gleich, mithin die Temperatur des Calorimeters stationär wurde. Wenn also verschiedene Gasarten unter gleichem Drucke und von gleicher Temperatur das Schlangenrohr des Calorimeters durchströmten, die äufsere Temperatur aber sich gleich blieb, so mufste der Unterschied dieser Temperatur und derjenigen, worauf der Strom der eigenthümlichen Gasart das Calorimeter erhob, der specifischen Wärme der letzteren proportional seyn, oder wenn man die umgebende Temperatur t, die des Calorimeters t′ nennt und c die specifische Wärme ist, so ist $c = t' - t$.

Um die aus den Gefäfsen ausströmende Gasart vor ihrem Eintritte in das Calorimeter zu erwärmen, ging die sie zuleitende Röhre eine hinlänglich lange Strecke durch ein weiteres Rohr, in welches siedend heifse Wasserdämpfe geleitet wurden, die sie stets umspielten und bis 100° C. erwärmten. Hierbei waren aber zwei Hindernisse zu beseitigen. Zuerst konnte das erwärmte Gas seine angenommene Temperatur von 100° beim Eintritt in das Calorimeter nicht beibehalten haben, da die dasselbe zuleitende Röhre Wärme an die Umgebung abgab, zweitens aber mufste die Zuleitungsröhre dem Calorimeter aufser der Wärme, welche durch die Gasart mitgeführt wurde, selbst noch einige zuführen und dadurch die stationäre Wärme erhöhn. Der erstere Wärmeverlust war bei allen Gasarten derselbe, aufserdem an sich unbedeutend, und konnte also vernachlässigt werden, um aber dem zweiten Hindernisse zu begegnen, trennten sie die Gasometer, den Erwärmungsapparat und den gröfsten Theil der Leitungsröhren durch eine dicke

Wand vom Calorimeter und liefsen die Gasart durch eine 20 Millim. lange Glasröhre in das Calorimeter eintreten, die zur Vermeidung des Kittes vermittelst zwischenliegender Lederscheiben verbunden war und als schlecht leitende Substanz wenig Wärme zuführte. Um aber auch die letztere, wenn gleich geringe Wärmemenge genauer zu bestimmen, erwärmten sie die Röhren auf die gewöhnte Weise, ohne dafs Gas hindurchströmte, und brachten hierdurch allein das Calorimeter zu einem constanten Ueberschusse seiner Temperatur über die der Umgebung. Zur genaueren Bestimmung dieses Ueberschusses nahmen zwei Versuchsreihen. In der ersten, die wir die der absteigenden Temperaturen nennen können, erwärmten sie das Calorimeter, bis seine Wärme stationär wurde, und fanden dabei aus mehreren Versuchen im Mittel die Wärme des Calorimeters 11°, die der äufseren Luft 8°,21, welches einen Unterschied von 2°,79 giebt. In der zweiten, welche die der aufsteigenden Temperatur heifsen möge, erwärmten sie das Calorimeter über die Temperatur, wobei es stationär geworden war, es mufste daher mehr Wärme ausstrahlen, als es aufnahm, und auf diese Weise abermals durch Erkalten stationär wurden. Dieses geschah bei 11°,69, als die Umgebung 8°,13 betrug, welches einen Unterschied von 3°,56 C. giebt; das Mittel aus beiden Gröfsen ist 3°,1, um welche das Calorimeter durch die Zuleitungsröhre erwärmt wurde. Diese Gröfse gilt jedoch nur für den gegebenen Temperaturunterschied gelten, denn angenommen, das Calorimeter habe eine gleiche Wärme, als das Rohr selbst, so konnte ihm durch letzteres gar keine Wärme zugeführt werden. Diesem gemäfs nahmen sie die gefundene Gröfse 3,1 dem jedesmaligen Temperaturunterschiede proportional. War also dieser Unterschied bei dem Hauptversuche = 80° und beim Durchströmen der Gasart 72°, so erhielten sie $3{,}1 \times \frac{72}{80} = 2{,}8$. Der eigentliche Punct der stationären Temperatur des Calorimeters wurde bei den nachfolgenden Versuchen zur Bestimmung der specifischen Wärmen der Gase gleichfalls durch Zunahme und Abnahme der Wärme gemessen. Zuerst wurde die Erwärmung desselben durch das Gas so lange fortgesetzt, bis aus der Langsamkeit der Zunahme zu schliefsen war, es fehle am Maximum nur noch weniger als ein ganzer oder ein halber Grad, dann wurde derselbe mittelst

Sermons on Prayer, Fasting, and Alms, 1 vol. 12mo. 75 cents.
Sermons on Christian Doctrine, 1 vol. 12mo. 75 cents.
Sermons on Various Subjects

Kur der Hydrocele durch Einspritzung von Jodtinctur.

Nach der Punction wurden 2 Drachmen Jodtinctur mit 4 Drachmen Wasser eingespritzt, wieder ausgelassen, und so 3 Tage hindurch fortgefahren. Am 4ten Tage wurde die Einspritzung nicht wiederholt, und die Wunde heilte in 14 Tagen.

Gazette des Hôpitaux. 1844. No. 3.

zwischen der stationär gewordenen Temperatur des Calorim
ters und der äufsern Umgebung proportional, und dieser U
terschied kann also als das Mafs der freigewordenen Wär
gelten, indem man diese den Thermometergraden proportio
setzt. Der Ueberschufs der Temperatur des Calorimeters üb
die Umgebung war aber 16°,117 C. gefunden worden, und
also C = 16°,117, so drückt

$$\frac{16,117}{30,53 \times 74,068} = 0^{\circ}0071274$$

den Ueberschufs der Temperatur aus, auf welcher das Calo
meter durch das Durchströmen von 1 Liter Luft auf 0° Te
peratur reducirt und unter einem Drucke von 1,0058 Me
Quecksilberhöhe und 1° C. Wärmeverlust erhalten wer
könnte. Bei einem andern Versuche brachten aber 35,99 Li
auf 0° C. reducirt unter einem Drucke von 0,7405 Meter Que
silberhöhe, indem sie sich um 72°,415 C. abkühlten, einen Ü
berschufs der Temperatur des Calorimeters von 15°,423 her
welches auf gleiche Weise berechnet

$$\frac{15,423}{35,99 \times 72,415} = 0^{\circ},00591778$$

als den Ueberschufs der Temperatur giebt, um welchen u
diesen Bedingungen 1 Liter Luft das Calorimeter 1° C. erw
men würde. Nimmt man das Verhältnifs beider Gröfsen

$$\frac{0,0071274}{0,00591778} = 1,20441,$$

so zeigt dieses das Verhältnifs der Wärmemenge, welche d
die nämliche Quantität Luft unter übrigens gleichen Bedingu
gen entwickelt werden, wenn ihre Dichtigkeiten sich wie

$$\frac{1,0058}{0,7405} = 1,35827$$

zu einander verhalten. Eine folgende Reihe von Versuch
gab als Mittel 1,2396 statt 1,20441, und da diese Gröfse
weit genauer zu halten ist, als die früher gefundenen, so b
hielten sie dieselbe allein bei, und hiernach giebt also e
Vermehrung der Dichtigkeit der Luft um 0,35827 eine V
mehrung der Wärme = 0,2396. Wenn demnach ein Volum
Luft unter dem Drucke p eine Menge Wärme = C entwick

Digitized by Google

elche nach den Graden gemessen wird, wozu sie das Calo-
meter über die Temperatur seiner Umgebung erhöht, und
(1 + z) die Zahl der Grade ausdrückt, die das nämliche
olumen unter gleichen Bedingungen, aber unter dem Druck
erzeugt, so kann man annähernd das Verhältnifs als richtig
nehmen, wonach

$$0{,}35827 : 0{,}2396 = \frac{p' - p}{p} : z,$$

10

$$z = 0{,}2396 \, \frac{p' - p}{p \,.\, 0{,}35827}$$

Delaroche und Bérard konnten dieses um so mehr als
hig annehmen und bei der Berechnung ihrer Versuche zum
unde legen, als sie stets mit Gasarten unter atmosphärischem
cke operirten, wobei also die Unterschiede der Pressungen
unbedeutend waren. Bei den Reductionen konnte aufser-
n die Voraussetzung, dafs die specifische Wärme der Gas-
en unter gleichem Drucke sich stets gleich sey, keine be-
tenden Fehler herbeiführen, weil die Temperaturen, welche
Calorimeter erhielt, wenig von einander verschieden waren;
konnten sie aus gleichen Gründen die nämlichen Re-
tionen auf alle von ihnen untersuchten Gasarten anwenden.
Nach diesen Grundsätzen wurden die in der Tabelle ent-
nen Gröfsen corrigirt, um die specifische Wärme der un-
chten Gase zu finden, wie sie durch die in der letzten
mme befindlichen Unterschiede der Wärme des Calorime-
über die äufsere Umgebung gegeben wird, die durch glei-
Mengen jeder Gasart unter gleichem Drucke und bei glei-
Temperaturen erzeugt war. Um das Verhältnifs der spe-
chen Wärmen verschiedener Gasarten unter einander zu er-
en und sie namentlich auf die der Luft zu reduciren,
mt man diese letztere als Einheit und dividirt ihre Gröfse
e der übrigen, wodurch ihr Verhältnifs für gleiche Volu-
unter gleichem Drucke gegeben wird; wenn man aber
e Gröfsen durch das specifische Gewicht der Gase dividirt,
der atmosphärischen Luft als Einheit genommen, so erhält
ihre specifische Wärme für gleiche Massen, d. h. die
rmemengen, welche gleiche Gewichte der Gasarten unter
chem Drucke und durch Herabgehn von gleich höheren

zu gleich niedrigern Temperaturen abgeben würden. Beide Gröfsen enthält die nachfolgende Tabelle.

Gasart.	Specifische Wärme der Volumina	Specifische Wärme der Gewichte
atmosphärische Luft	1,0000	1,0000
Wasserstoffgas . .	0,9033	12,3401
Kohlensäure . . .	1,2583	0,8280
Sauerstoffgas . . .	0,9765	0,8840
Stickgas	1,0000	1,0318
Stickstoffoxydul .	1,3503	0,8875
Ölerzeugendes Gas	1,5530	1,5763
Kohlenoxydgas . .	1,0340	1,0805
Wasserdampf . . .	1,9600	3,1360

387) Weil das Calorimeter während der Zeit, in welcher die Wärme aufnimmt, zugleich auch einen Theil an die Umbung verliert, so suchten Delaroche und Bérard den Einfluss dieses Hindernisses zu beseitigen, indem sie die von Rumford[1] befolgte Methode anwandten und das Calorimeter hier um ebenso viele Grade über die Temperatur der Umgekälter nahmen, als es nachher wärmer wurde, gleiche Zeitdauer für beide Unterschiede genommen, damit das Calorimin der ersten Hälfte der Zeit ebenso viel Wärme aufnehmöchte, als es in der zweiten abgab. Sie bestimmten für den gesammten Temperaturunterschied des Calorimeters C., erkälteten dann dasselbe bis 5° oder 6° unter die Temratur der Umgebung, und wenn es so weit erwärmt war, seine Temperatur noch 2° C. weniger, als die der Umgebbetrug, machten sie den Anfang des Versuches, und setzten ihn so lange fort, bis es 2° C. über die Temperatur der Umgebung erwärmt war, mafsen die Menge der Gasart, welche durch das Calorimeter geströmt war, brachten die nämlichen Correctionen bei dieser zweiten Versuchsreihe an, wie bei der ersten, und erhielten dann folgende specifische Wärmen nach dem Volumen, die zur besseren Vergleichung mit der in der ersten Versuchsreihe gefundenen Gröfsen zusammengestellt sind

1 Vergl. G. XLIV. 8 und §. 376.

Digitized by Google

Gasarten.	Specifische Wärme erste Reihe	zweite Reihe
atmospharische Luft	1,0000	1,0000
Wasserstoffgas . .	0,9033	0,8930
Kohlensäure . . .	1,2583	1,3110
Sauerstoffgas . . .	0,9765	0,9740
Salpetergas	1,3503	1,3150
ölerzeugendes Gas	1,5530	1,6800
Kohlenoxydgas . .	1,0340	0,9830

e Werthe in beiden Reihen stimmen genau genug überein, loch geben die Experimentatoren der ersteren den Vorzug.

388) Um die specifische Wärme des Wasserdampfes auf- finden, bedienten sich DELAROCHE und BÉRARD einer indirecten thode, indem sie zwei vergleichbare Versuche, den einen trockner Luft, den andern mit solcher anstellten, die mit sserdampf gesättigt war. Um die Luft möglichst von Was- dampf zu befreien, liefsen sie dieselbe durch ein schlangen- mig gewundenes Rohr streichen, welches durch eine umge- de kaltmachende Mischung auf — 15° C. erhalten wurde daher den niedergeschlagenen Wasserdampf aufnahm, wo- n sie bis auf die Kleinigkeit des dann noch vorhandenen mpfes als ganz trocken zu betrachten war, ehe sie erwärmt dem Calorimeter zugeführt wurde. Für den hiermit zu gleichenden Versuch sättigten sie die durch heifses Wasser chende Luft mit Wasserdampf und liefsen sie durch ein ge- ndenes Rohr strömen, welches auf der bleibenden Wärme 39° C. erhalten wurde, damit sie allen über diese Tem- atur hinausgehenden Dampf absetzen möchte. Es war dann rderlich, dafs diese Luft nicht unter 39° erkaltet wurde, nicht eine Quantität Dampf niederzuschlagen und dadurch richtigkeiten herbeizuführen, weswegen die äufsere Tempe- r auf 30° erhalten wurde. Die bis 39° abgekühlte Luft rde auf die angegebene Weise erhitzt, trat 97°,3 warm in Schlangenrohr des Calorimeters und strömte 41°,3 warm eder aus, wonach sie 56° Wärme verlor. Das Calorimeter m zur stationären Wärme bei 41°,3 in einer Umgebung von °,8, und es waren sonach 11°,5 Wärme oder nach Abzug

Digitized by Google

von 2°, die durch das Zuleitungsrohr hervorgebracht waren, 9°,5 Wärme erzeugt. Die trockne Luft dagegen verlor 56°,9 Wärme im Calorimeter, und brachte dieses zur constanten Temperatur von 40°,4, während die Umgebung gleichfalls 29°,8 betrug. Hierbei waren also nach Abzug von gleichfalls 2° C. für die Zuleitungsröhre 8°,6 oder nach der Reduction der 56°,9 auf 56° nur 8°,4 Wärme erzeugt, welche von der für die feuchte Luft gefundenen Gröfse = 9°,5 abgezogen für die Wirkung des Wasserdampfes 1°,1 geben. Um das Volumen des Wasserdampfes auf den Luftdruck zurückzuführen, bedienten sie sich folgenden Verfahrens. Der Luftdruck war 0,7596 Meter, die Elasticität des Wasserdampfes bei 39° C. setzten sie nach Dalton = 0,0505 Meter, welches das Verhältnifs von 15:1 giebt. Hiernach war die Wirkung des Wasserdampfes = 16°,5, die der trocknen Luft = 8°,4, und sonach ist das Verhältnifs ihrer specifischen Wärmen für Wasserdampf dem Volumen nach = 1,96, dem Gewichte nach = 3,136.

389) Um die specifische Wärme der Gase mit der der sonstigen Körpern zugehörigen vergleichbar zu machen, war es erforderlich, sie auf die des Wassers zu reduciren. Zu diesem Ende liefsen sie heifses Wasser auf ähnliche Weise, als vorhin die Luft, durch das Calorimeter strömen, mafsen dessen Temperatur beim Eintritte in das Schlangenrohr und beim Austritte aus demselben, und fanden, dafs, wenn 37,75 Gramm Wasser binnen 10 Minuten durchströmten und dabei 29°,072 C. Wärme verloren, das Calorimeter bei einem Ueberschufs von 20°,71 über die umgebende Luft zum bleibenden Stande kam. Wird dieses Resultat mit dem durch atmosphärische Luft erhaltenen verglichen, so ergiebt sich, die specifische Wärme des Wassers als Einheit genommen, die der Luft = 0,2460. Ein zweiter Versuch gab 0,2536 und das Mittel aus beiden 0,2498.

Nach einer hiervon verschiedenen Methode fanden sie das gesuchte Verhältnifs aus dem Wärmeverluste des Calorimeters durch Strahlung. Es war hierbei die Menge des im Calorimeter enthaltenen Wassers = m bekannt, wozu aber die Masse des Gefäfses, auf Wasser reducirt, genommen werden mufs. Letzteres bestand aus Kupfer und dem zum Löthen verwandten Metalle. Die specifische Wärme des Kupfers ist nach Crawford 0,112 und die der Löthung, bestehend aus Zinn und

Digitized by Google

Es ist Schade, daß unsere Deutsche Sprache, so reich, als sie an Worten ist, keine eigene Benennung für alle und die Arten der Gedichte hat, die nicht Epopeen sind. Wir müssen uns mit dem Griechischen Worte Lyrisch behelfen, und dieses ist, wie ich glaube, nicht ganz richtig gebraucht. Es bedeutet eigentlich alle Gedichte, die zum Singen bestimmt sind, und wir wenden es auf Oden, Elegien, Lieder, Sonnette, Romanzen, Balladen, Hymnen, Dithyramben, Cantaten, Idyllen, Satyren, Epigramme, Fabeln, Parabeln, Räthsel, Epistel, Lehrgedichte, Trauerspiele, Lustspiele, Schäferspiele, Opern, Operetten, Ballette, Pantomimen, Masken, Feuerwerke, Illuminationen, Gartenkünste, Tanzkünste, Fechtkünste, Reitkünste, Jagden, Wettrennen, Wettfahrten, Wettläufe, Wettschwimmen, Wettspringen, Wettklettern, Wettfliegen, Wettschießen, Wettwerfen, Wettschlagen, Wettringen, Wettfechten, Wettreiten, Wettjagen

und er wird bekannt seyn, sobald man aufser der anfänglichen Temperatur T noch einen einzigen Werth von y kennt, welcher während der Zeit t durch Beobachtung erhalten ist. Bei dem angegebenen Versuche mit atmosphärischer Luft fanden Delaroche und Bérard den Ueberschufs der Temperatur des Calorimeters über die äufsere Umgebung oder T = 15°,73 und bei der nachfolgenden Beobachtung, indem das Calorimeter nach aufhörender Strömung der Luft erkaltete, verlor es binnen 20 Minuten 12°,847 C. Hiernach ist also t = 20 Min., y = 12°,897, demnach a = 0°,0101356 und aT = 0°,15947. Ist hiernach die Zahl der Grade bekannt, welche die atmosphärische Luft dem Calorimeter in 1 Minute mittheilte, so gie dieses für 10 Minuten 1°,59474. Ein zweiter Versuch gi nahe übereinstimmend 1°,5996. Es wogen aber die im Ve such gebrauchten 35,99 Liter Luft zusammen 45,49 Gram und diese übten ihre Wirkung aus auf die so eben gefunden 596,8 Gramm Wasser, indem sie um 72°,415 C. erkalte Hiernach ist also das Verhältnifs der specifischen Wärme Luft zu der des Wassers

$$\frac{596{,}8 \times 1{,}5996}{45{,}49 \times 72{,}415} = 0{,}2898.$$

Auf eine dritte directe Weise fanden sie diese Gröfse aus nem der mit erhitzter Luft angestellten Versuche, wobei Liter oder 108,32 Gramm atmosphärische Luft, unter 0, Meter Druck und bei 0° C. Wärme genommen, durch Ab ben von 85° C. Wärme das Calorimeter, welches 580 Gra Wasser enthielt, um 4° C. erwärmten. Hieraus ergiebt sich die specifische Wärme der atmosphärischen Luft gegen die Wassers = 0,2697. Aus allen erhaltenen Resultaten nahm sie im Mittel 0,2669. Werden hiermit die oben angegeben Gröfsen multiplicirt, so erhalten wir die specifische Wärme Gase auf die des Wassers reducirt, wie sie die nachfolgen Tabelle angiebt.

Digitized by Google

Substanzen	spec. Wärme	Substanzen	spec. Wärme.
Wasser	1,0000	Stickgas	0,2754
atmosphärische Luft	0,2669	Salpetergas	0,2369
Wasserstoffgas . .	3,2936	ölerzeugendes Gas	0,4207
Kohlensäure . . .	0,2210	Kohlenoxydgas . .	0,2884
Sauerstoffgas . . .	0,2361	Wasserdampf . . .	0,8470

390) Gegen diese ausnehmend schätzbaren und immer noch ein Muster vorzüglicher Genauigkeit dienenden Versuche machte W. T. Haycraft[1] einige Einwendungen, vorzüglich die, dafs sie unter sehr verschiedenen Bedingungen angestellt wurden und daher mehrere zusammengesetzte Correctionen bedurften, hauptsächlich aber, dafs die Gàse vorher nicht ausgetrocknet waren, weswegen die erhaltenen Resultate uur einem Gemenge von Gas und Wasserdampf zugehörten. Der erste Einwurf fällt von selbst weg, denn die verschiedenen Einflüsse sind allerdings beachtet und corrigirt, was zwar Mühe verursacht, aber der Genauigkeit keinen Abbruch thut. Der zweite ist allerdings gegründet, aber die hieraus erwachsenden Fehler sind durchaus nicht bedeutend; denn die Gase waren in den Gasometern, wo sie mit Wasser in Verbindung standen, von niedriger Temperatur, enthielten also nicht viel Wasserdampf und nahmen nachher keinen mehr auf, wie Haycraft vorauszusetzen scheint; aufserdem aber sind die erhaltenen specifischen Wärmen blofs relativ, so dafs sich der Einflufs des Wasserdampfes, der bei allen Gasen vorhanden war, gegenseitig aufhebt, aufser bei der Vergleichung der trocknen atmosphärischen Luft mit solcher, die mit Wasserdampf gesättigt war. Eben durch diesen Versuch lernten aber Delaroche und Bérard die specifische Wärme der trocknen Luft kennen, und der ohnehin nicht absolut genaue, aus mehreren Versuchen gefundene Factor, wodurch die specifischen Wärmen der Gase auf die des Wassers reducirt werden, ist so gewählt, dafs dadurch der durch beigemischten Wasserdampf erzeugte Fehler ein Minimum wird. Gegen Crawford's Versuche gilt der allerdings begründete, von ihm gleichfalls gemachte Einwurf, dafs die verwandten Quantitäten der Gase zu gering waren.

1 Edinb. Phil. Trans. T. X. p. 195. Ann. de Chim. et Phys. T. XXVI. p. 298. G. LXXVI. 289.

Inzwischen liefs sich Haycraft hierdurch bestimmen, eine Reihe von Versuchen anzustellen. Die Construction des von ihm gebrauchten Apparates läfst sich dem Wesen nach leicht verständlich machen. Um die zu untersuchenden Gase mit atmosphärischer Luft zu vergleichen, wählte er zwei ganz gleiche Stiefel, in welche zugleich atmosphärische Luft und die gewählte Gasart, beide durch Röhren, mit salzsaurem Kalk gefüllt, zum Trocknen durchströmend, mit einem Embolus eingesogen und dann in die Erwärmungsröhren gepreſst wurden, von wo aus jede derselben gleichmäfsig erwärmt in das Schlangenrohr eines besonderen Calorimeters gelangte. Da beide Emboli gleichzeitig bewegt wurden und beide Stiefel gleichen Inhalt hatten, so waren auch beide Gasmengen einander gleich und ihre absolute Menge liefs sich aus den Dimensionen der Stiefel finden. Die Verbindungsröhren zwischen dem Heizapparate, worin beide Gase neben einander gleichmäfsig erhitzt wurden, und den Schlangenröhren der Calorimeter waren 1 Zoll lang und ein in sie gesenktes feines Thermometer diente zum Messen der Temperatur beim Eintritt, so wie ein zweites die Temperatur des Gases bei seinem Austritt aus dem Calorimeter bestimmte; beide hatten Grade nach Fahrenheit, die wieder in 5 Theile getheilt waren, und da man den vierten Theil derselben schätzen konnte, so gaben sie Zwanzigstel dieser Grade an. Die Calorimeter standen in blanken Metallgefäfsen, und letztere standen noch obendrein in Wasser, um den Einfluſs der Umgebung zu vermeiden. Dieser wurde aber noch aufserdem dadurch beseitigt, dafs nach Rumford's[1] Vorschlage die Calorimeter vor dem Versuche ebenso tief unter die mittlere Temperatur erkaltet wurden, als sie nach dem Versuch über dieselbe hinausgingen. Sollte endlich in den einen, nach für atmosphärische Luft bestimmten, Stiefel die zu untersuchende Gasart gebracht werden, so durfte man denselben nur durch Aufziehn des Embolus damit füllen; Haycraft zog aber vor, den Stiefel durch eine Luftpumpe zu exantliren, die dann einströmende Gasart durch Niederdrücken des Embolus aus einer durch einen Hahn verschlossenen, kleinen Hülfsröhre entweichen zu lassen, dieses einige Male zu wiederholen und dann den Versuch zu beginnen, wobei sich zeigte, dafs dann die

1 G. XLIV, 8.

Hans Baldung Grien's Kunst, ist die, in der Weise Albrecht Dürer's, mit Kreide auf farbigem Papier zu zeichnen und dann noch mit Deckfarben zu malen. Es sind Bildnisse, Studien, Entwürfe, Alles in dieser Technik. Die Bildnisse sind meist Brustbilder, wie sie Dürer liebte, und sie sind ihm auch in der Auffassung verwandt. Die Studien sind Köpfe, Hände, Füsse, Gewandfalten, Alles, was Dürer auch zeichnete. Die Entwürfe sind Skizzen zu Altarbildern, Glasgemälden, Holzschnitten, Kupferstichen, Alles, was Dürer auch entwarf. Die Technik ist die Dürer'sche, die Auffassung ist die Dürer'sche, die Kunst ist die Dürer'sche. Wenn Hans Baldung Grien nicht ein Schüler Dürer's war, so war er doch sein Nachahmer, sein Nachfolger, sein Nachtreter. Er ist ein Dürer'scher Epigone. Er ist ein Dürer'scher Manierist. Er ist ein Dürer'scher Eklektiker. Er ist ein Dürer'scher Virtuose. Er ist ein Dürer'scher Akademiker. Er ist ein Dürer'scher Professor. Er ist ein Dürer'scher Pedant. Er ist ein Dürer'scher Schulmeister. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchs. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzer. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanzschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanzschwanzschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanzschwanzschwanzschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanzschwanzschwanzschwanzschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanzschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanz. Er ist ein Dürer'scher Schulfuchsschwanzerschwanz

Ges. 1.). Berl. Friedländer 1911. 8°. 1 Bl. 1 Portr. 1 Bl. 1 Bl. Inh. 1 Bl. 1 Bl. Vorw. 1 Bl. 1 Bl. Einl. 1 Bl. 1 Bl. Text. 1 Bl. 1 Bl. Anm. 1 Bl. 1 Bl. Anm. 1 Bl. 1 Bl. Anm

Ze Schlesien: Wenn Sie, Herr, einen ungarischen Hengst, einen Vollblutaraber, einen Trakehner, einen Cleveland-Bay, einen Hannoveraner, einen Oldenburger, einen Holsteiner, einen Mecklenburger, einen Ostpreußen, einen Trabrenner, einen Orlow-Traber, einen Rheinländer, einen Württemberger, einen Schwarzwälder, einen Bayern, einen Pinzgauer, einen Noriker, einen Haflinger, einen Lipizzaner, einen Shagya, einen Nonius, einen Furioso, einen Gidran, einen Kisbérer, einen Mezöhegyeser, einen Bábolnaer, einen Hucul, einen Przewalski, einen Tarpan, einen Kladruber, einen Slowenischen Karstschimmel, einen Camargue, einen Pottok, einen Asturcón, einen Sorraia, einen Lusitano, einen Andalusier, einen Berber, einen Barb, einen Arabo-Barb, einen Marokkaner, einen Algerier, einen Tunesier, einen Ägypter, einen Araber, einen Saklawi, einen Kohejlan, einen Muniqui, einen Dongolawi, einen Sennar, einen Abessinier, einen Somali, einen Danakil, einen Galla, einen Boran, einen Basuto, einen Kapper, einen Transvaler, einen Südafrikaner, einen Namib, einen Kimberley-Horse, einen Australier, einen Waler, einen Brumby, einen Neuseeländer, einen Kanadier, einen Morgan, einen Standardbred, einen Amerikaner, einen Saddle-Horse, einen Tennessee-Walker, einen Missouri-Fuchstraber, einen Quarter-Horse, einen Appaloosa, einen Pinto, einen Palomino, einen Mustang, einen Cayuse, einen Chilenen, einen Peruaner, einen Paso Fino, einen Argentinier, einen Criollo, einen Brasilianer, einen Mangalarga, einen Uruguayer, einen Cuzqueño, einen Kolumbianer, einen Venezolaner, einen Mexikaner, einen Charro, einen Kubaner, einen Haitianer, einen Jamaikaner, einen Trinidad-Pferd, einen Shetland-Pony, einen Connemara, einen Dartmoor, einen Exmoor, einen Fell, einen Dales, einen Highland, einen Welsh-Mountain, einen Welsh-Pony, einen Welsh-Cob, einen Hackney, einen Cleveland-Bay, einen Yorkshire-Coach-Horse, einen Suffolk-Punch, einen Clydesdale, einen Shire, einen Percheron, einen Boulonnais, einen Ardennen, einen Comtois, einen Schwedischen Kaltblut, einen Jütländer, einen Fjordpferd, einen Islandpferd, einen Finnpferd, einen Lettischen Kaltblut, einen Litauischen Kaltblut, einen Polnischen Kaltblut, einen Tschechischen Kaltblut, einen Slowakischen Kaltblut, einen Ungarischen Kaltblut, einen Rumänischen Kaltblut, einen Bulgarischen Kaltblut, einen Griechischen Kaltblut, einen Türkischen Kaltblut, einen Russischen Kaltblut, einen Ukrainischen Kaltblut, einen Weißrussischen Kaltblut, einen Kasachischen Kaltblut, einen Usbekischen Kaltblut, einen Turkmenischen Kaltblut, einen Tadschikischen Kaltblut, einen Kirgisischen Kaltblut, einen Mongolischen Kaltblut, einen Chinesischen Kaltblut, einen Koreanischen Kaltblut, einen Japanischen Kaltblut, einen Vietnamesischen Kaltblut, einen Thailändischen Kaltblut, einen Indonesischen Kaltblut, einen Philippinischen Kaltblut, einen Australischen Kaltblut, einen Neuseeländischen Kaltblut, einen Kanadischen Kaltblut, einen Amerikanischen Kaltblut, einen Mexikanischen Kaltblut, einen Kubanischen Kaltblut, einen Haitianischen Kaltblut, einen Jamaikanischen Kaltblut, einen Trinidad-Kaltblut, einen Argentinischen Kaltblut, einen Uruguayischen Kaltblut, einen Brasilianischen Kaltblut, einen Kolumbianischen Kaltblut, einen Venezolanischen Kaltblut, einen Peruanischen Kaltblut, einen Chilenischen Kaltblut, einen Paraguayischen Kaltblut, einen Boliviani-

Temperaturen vor der Mengung		Temperaturen nach der Mengung
kohlensaures Gas .	—24°	. . . . 0°,4
atmosphärische Luft	+25,5	
Wasserstoffgas . .	+23	 0,2
kohlensaures Gas .	—23	
Wasserstoffgas . .	—22	 0,0
atmosphärische Luft	+22	
atmosphärische Luft	+22	 0,8
Sauerstoffgas . . .	—21	
atmosphärische Luft	—21	 0,4
Stickgas	+21	

Aus diesen Resultaten folgerte Gay-Lussac, dafs die specifischen Wärmecapacitäten der Gase, und daher auch aller expansibeln Flüssigkeiten, bei gleichem Volumen und unter gleichem Drucke einander gleich seyen; inzwischen spricht er diesen Satz nicht als einen wohl begründeten aus, sondern nur blofs, derselbe scheine richtig zu seyn. Fortgesetzte Versuche ergaben auch bald, dafs dieses Gesetz insofern unstatthaft sey, als sich die Wärmecapacitäten allerdings mit den Temperaturen ändern, was sich gerade hierbei zeigen mufste; der Fehler aber hatte seinen Grund in der zu geringen Menge der zu den Versuchen verwandten Gase. Gay-Lussac nahm daher später grofse Gasometer, deren jedes 80 Liter Inhalt hatte, und da beide gleich grofs waren, so liefs sich das gleichzeitige Ausströmen gleicher Mengen Gas dadurch leicht erreichen, dafs beide mit einem Verbindungsrohre verbunden wurden, um das in sie einfliefsende, die Gasart austreibende Wasser in beiden auf gleichbleibender Höhe zu erhalten.

393) Uebergehn wir die mit der vorliegenden Aufgabe in nahen Zusammenhange stehenden Versuche von Dulong und Petit über das ungleiche Erkalten der Körper in verschiedenen Gasen, woraus die specifischen Wärmecapacitäten der letzteren sich ableiten liefsen, deren wesentlicher Inhalt oben (§. 247) bereits mitgetheilt worden ist, so verdienen vorzüglich die Untersuchungen von Marcet und Delarive[2] hier erwähnt zu wer-

1 Ann. de Chim. T. LXXXIII. p. 106. G. XLVIII. 395.

2 Biblioth. univ. 1827. Ann. de Chim. et Phys. T. XXXV. p. Poggendorff's Ann. X. 363. Mém. de la Soc. de Phys. de Génève. T. IV. p. 255.

Digitized by Google

Art. 2. The Civil Code is the law. It is the duty of every citizen to conform to its rules; and of every judge to administer it as the law of the land. Its rules are binding upon all persons and property within the limits of the State, and upon all persons and property without the limits of the State, except in cases where they are controlled by the law of the place where the property is situated, or of the domicile of the person.

Art. 3. The Civil Code is composed of the following books, viz.:

Book I. Of persons.

Book II. Of things, and of the different modifications of property.

Book III. Of the different modes of acquiring property.

Book IV. Of conventional obligations.

Book V. Of the effects of conventional obligations between the parties, and of their dissolution.

Book VI. Of the proof of conventional obligations, and of the effect of writings.

Book VII. Of the different matrimonial regimes.

Book VIII. Of donations inter vivos and mortis causa, and of wills.

Book IX. Of successions.

Book X. Of prescription.

Book XI. Of the effects of crimes and misdemeanors.

Book XII. Of private international law.

Art. 4. The Civil Code is divided into books, titles, chapters, sections, articles, and paragraphs.

Art. 5. The Civil Code is the law. It is the duty of every citizen to conform to its rules; and of every judge to administer it as the law of the land. Its rules are binding upon all persons and property within the limits of the State, and upon all persons and property without the limits of the State, except in cases where they are controlled by the law of the place where the property is situated, or of the domicile of the person.

Art. 6. The Civil Code is composed of the following books, viz.:

Book I. Of persons.

Book II. Of things, and of the different modifications of property.

Book III. Of the different modes of acquiring property.

Book IV. Of conventional obligations.

Book V. Of the effects of conventional obligations between the parties, and of their dissolution.

Book VI. Of the proof of conventional obligations, and of the effect of writings.

Book VII. Of the different matrimonial regimes.

Book VIII. Of donations inter vivos and mortis causa, and of wills.

Book IX. Of successions.

Book X. Of prescription.

Book XI. Of the effects of crimes and misdemeanors.

Book XII. Of private international law.

Art. 7. The Civil Code is divided into books, titles, chapters, sections, articles, and paragraphs.

hieraus allerdings Unrichtigkeiten erwachsen konnten. E vierter Einwurf, aus dem in den Gasen enthaltenen Wasserdamp hergenommen, ist oben (§. 390) bereits gewürdigt worde und auch dieser, wenn gleich von nicht sehr grofser Bedeu samkeit, läfst sich nicht ganz beseitigen. Minder erhebli möchte endlich fünftens seyn, dafs nicht alle Bedingungen b den sämmtlichen Versuchen völlig gleich waren, denn hier ist durch die zahlreichen Correctionen möglichste Rücksicht g nommen.

Marcet und Delarive wählten zu ihren Versuchen e nen 4 Centimeter im Durchmesser haltenden Ballon von s dünnem Glase, füllten ihn mit dem zu untersuchenden Ga brachten ihn auf eine bestimmte Temperatur, setzten ihn wä rend einer genau gemessenen Zeit einer Wärmequelle aus u mafsen die dadurch erzeugte Temperatur durch die vermeh Elasticität des Gases selbst, wobei sie Sorge trugen, dafs d Zeit des Erwärmens stets nur kurz war und daher keine Ga art sich mit der Temperatur der Wärmequelle ins Gleichg wicht setzen konnte. Der Apparat bestand aus dem genannt Fig. 63. Ballon A, welcher zum Einfüllen des Gases diente; die beid eisernen Hahne B und C gestatteten, den Ballon von der Röh abzuschliefsen, ohne dafs die äufsere Luft in diese oder in d Ballon dringen konnte; das Zwischenstück zwischen beid hatte aber eine so kleine Oeffnung, dafs die darin befindli Menge von Luft nicht in Betrachtung kommen konnte, um mehr, als sie nie in den Ballon drang, sondern stets in d Röhre getrieben wurde. Der verticale Arm der Verbindung röhre DE tauchte mit seinem unteren Ende in das troc Quecksilber des Gefäfses F; zum Messen der Höhe der a steigenden Quecksilbersäule diente die in Millimeter getheil und mit einem Nonius zum Ablesen der Zehntel versehe Scale. Für jeden Versuch wurden der Ballon und die Röh mit der zu prüfenden Gasart gefüllt. Bei der Röhre gesch dieses leicht, indem man einen Strom des Gases durch diese trieb, bis die atmosphärische Luft entwichen war; es mu aber zugleich dafür gesorgt werden, dafs das Quecksilber w nigstens 8 bis 10 Centimeter in der Röhre aufgestiegen w Der Ballon wurde zuerst mittelst einer Luftpumpe evacu dann wiederholt mit der erforderlichen Gasart gefüllt und w der evacuirt, um hierdurch die letzten Antheile der früher da

Digitized by Google

indlichen Gasart zu entfernen, und nach der letzten Fül-
g reines Gas darin zu haben. Der Ballon wurde dann an
Röhre geschraubt, nach dem Oeffnen beider Hahne mufste
r das in der Röhre DE aufgestiegene Quecksilber etwas her-
inken, was dadurch zu erreichen war, dafs das Gas in der
gel eine wenig gröfsere Elasticität hatte, als in der Röhre.
f diese Weise war es möglich, stets mit Gasen unter glei-
m Drucke von nahe 0,63 Meter Quecksilberhöhe zu experi-
mtiren. Durch Temperaturänderung mufste auch das Volu-
n der Gasart sich verändern, und es war leicht, die erstere
dem letzteren zu entnehmen, wobei die bekannten Bestim-
mgen von Gay-Lussac zum Grunde lagen. Heifst näm-
h l die Gröfse eines jeden Centesimalgrades für einen gege-
en Druck, n die Anzahl von Centesimalgraden, die einem
gebenen Unterschiede in der Höhe der Quecksilbersäule ent-
cht, p die Barometerhöhe, t die Temperatur, wobei man
bachtet, a die Höhe der Säule bei der Temperatur t, a' die
he derselben bei der unbekannten Temperatur, so ist

$$l = \frac{(p - a)\,(0{,}00375)}{1 + 0{,}00375\,t}$$

$$n = \frac{(a - a')\,(1 + 0{,}00375\,t)}{(p - a)\,(0{,}00375)}.$$

Scale erlaubte Zehntel eines Millimeters genau abzulesen, und
dem Drucke, welcher für die Versuche gewählt worden war,
sprach jeder Centesimalgrad ungefähr einer Aenderung der
cksilberhöhe von 2,5 Millimeter, so dafs also noch 0°,04 C.
rgenommen werden konnte. Diese Methode, die Tempe-
r der Gase durch ihre eigene Ausdehnung zu messen, hat
schiedene Vorzüge, und da aufserdem das Volumen der Gase
unter gleichem Drucke war, also keiner Correction des-
en bedurfte, jede Gasart aber vorher völlig ausgetrocknet
rde, so beruhn hierauf unverkennbare Vorzüge der hier ge-
ten Methode des Experimentirens. Ein wesentlicher Um-
d war aber die Erwärmung des Ballons, und hierzu dien-
zwei Verfahrungsarten.

394) Bei der ersten Versuchsreihe senkten Marcet und
Arive die Kugel in ein kleines hölzernes Gefäfs mit dicken
ndungen, worin Wasser genau auf einer Temperatur von
C. erhalten wurde, und liefsen sie so lange darin, bis sie

diese Wärme genau und allgemein angenommen hatte, was sie durch bleibendes Stillstehn der Quecksilbersäule in der Röhre DE zeigte. Das kleine Wassergefäfs, welches in einem weit gröfseren, mit etwas über 30° C. warmem Wasser gefüllten Gefäfse hing, und dem Einflusse dieser gröfseren Wärme der Umgebung durch seine dicken hölzernen Wandungen hinlänglich lange widerstand, fiel auf ein gegebenes Zeichen plötzlich in dem gröfseren hinab, beide Wassermassen vereinigten sich und erlangten dadurch genau die Temperatur von 30° C. Hier blieb der Ballon eine genau gemessene Zeit von nicht mehr als 4 Secunden und nahm während derselben in einer 20° höheren Temperatur, als die seinige, eine gewisse Wärme auf, die sich durch das Sinken der Quecksilbersäule in Folge der Ausdehnung des im Ballon enthaltenen Gases kund gab. Um aber zugleich über die Wärme des Wassers eine schärfere Bestimmung zu erhalten, wurde nicht der Stand der Quecksilbersäule, welchen sie nach Verlauf dieser 4 Secunden hatte, in Vergleichung genommen, sondern das Verhältnifs zwischen der Zahl von Millimetern, die das Quecksilber in diesen 4 Secunden fiel, und derjenigen, die es gefallen war, wenn es mit der Temperatur des Wassers im Gleichgewichte war. Zur genaueren Messung diente das Verfahren, dafs auf das Zeichen desjenigen, welcher das Quecksilber in der Röhre beobachtete, das kleine Wassergefäfs herabfiel, nach 4 Secunden aber wurde der Hahn des Verbindungsstückes geschlossen, um den Stand der Quecksilbersäule genau abzulesen, dann wieder geöffnet und abgewartet, bis das Quecksilber zum Stillstand kam. Wird dann die Temperatur, welche das Gas bei diesem Stillstande erlangt hatte, als Einheit angenommen, so nehmen die verschiedenen Gase in den ersten 4 Secunden folgende Temperaturen an:

Wasserstoffgas	0,85	kohlensaures Gas . . .	0,77
atmosphärische Luft .	0,83	ölbildendes Gas . . .	0,75
Sauerstoffgas	0,80	Stickstoffoxydul . . .	0,73.

Inzwischen fürchteten die Experimentatoren, dafs das ungleiche Wärmeleitungsvermögen der Gase auf diese Resultate einen störenden Einflufs äufsern möchte, und hierin wurden sie durch die Uebereinstimmung bestärkt, welche sie zwischen

Digitized by Google

Resultaten und denjenigen wahrnahmen, die von Dulong und Petit beobachtet worden waren, als sie Körper in verschiedenen Gasarten erkalten liefsen (§. 247). Noch weiter ergab sich dieses, als sie ähnliche Versuche mit gröfseren Gasmengen und bei einem Temperaturunterschied von 10° bis 20° anstellten, wo-bei die specifische Wärme sich gleich zeigen mufste, dennoch aber die erhaltenen Resultate abweichend waren[1]. Diese Gründe bestimmten sie, eine andere Methode der Erwärmung des Bal-lons zu wählen.

395) Sie schlossen denselben zu diesem Ende in einen gröfseren Ballon GHK von dünnem Kupferblech ein, welcher 3 Centimeter im Durchmesser hielt, inwendig eine mit Rufs überzogene Oberfläche hatte und unten mit einem Hahnstücke versehn war, um ihn auf der Luftpumpe zu exantliren. Die Brennpuncte beider Ballons fielen zusammen; der eingesenkte kleinere war aber oben in die Fassung des gröfseren einge-schraubt, letzterer wurde vermittelst der Luftpumpe exantlirt, bis auf 3 Millimeter Quecksilberhöhe, und es wurde Sorge ge-tragen, dafs dieser Grad der Verdünnung sich bleibend erhielt. Ward dann der äufsere Ballon in Wasser von höherer Tem-peratur gebracht, so erhielt der innere blofs diejenige Wärme, welche ihm durch Strahlung der inneren Wandungen des grö-fseren zuströmte, und es dauerte lange, bis das Quecksilber in der Röhre zum Stillstande kam; für die Messungen schien aber ein Zeitraum von 5 Minuten am geeignetsten. Bei jedem Ver-suche, nachdem der äufsere und innere Ballon gehörig vorge-trocknet waren, wurde die kupferne Kugel in Wasser von 20° C. gesenkt und diese Wärme unveränderlich erhalten. Nach einiger Zeit kam das Quecksilber in der Röhre zum Stillstande und das Gas im Ballon hatte somit die Temperatur von 20° C. angenommen, worauf man den Stand des Quecksilbers auf-zeichnete. Momentanes Eintauchen der kupfernen Kugel machte das Quecksilber einige Millimeter steigen, worauf dieselbe rasch

---

1 Es ist wohl nicht schwierig, wie Marcet und Delarive meinen, sich von der Art der Wärmefortpflanzung in den Gasen sich eine Vor-stellung zu machen, denn diese beruht theils auf dem Uebergange der Wärme von einem Molecüle der Gasart zu einem andern und zu-gleich auf der Bewegung dieser Molecüle selbst. Welcher ungleiche Antheil der Wärmeleitung aber der einen oder der andern dieser Ur-sachen angehöre, dieses ist allerdings schwer bestimmbar.

Digitized by Google

in Wasser von 30° C. Wärme getaucht wurde. Es erfolgte nach einiger Zeit ein Sinken des Quecksilbers, sobald es aber den frühern Stand erreicht, und also die im kleinen Ballon enthaltene Luft die Temperatur von 20° angenommen hatte, wurde ein Zeitraum von 5 Minuten genau gemessen, nach Verlauf derselben schlofs man den Hahn, zeichnete den Stand des Quecksilbers auf, woraus die Wärmemenge sich ergab, die das Gas während dieser Zeit angenommen hatte, öffnete dann den Hahn wieder und wartete, bis das Quecksilber seinen tiefsten Stand erreicht, also das Gas die Temperatur seiner Umgebung angenommen hatte. Da die Massen des Wassers so grofs waren, so machte es nicht bedeutende Schwierigkeit, die Wärme desselben constant zu erhalten. Für 20° war dieses durchaus gar nicht schwierig, für 30° diente das einfache Mittel, dasselbe anfangs bis 30°,2 zu erwärmen, wonach es durch Ausstrahlung während 5 Minuten bis 29°,8 herabsank und daher im Mittel als 30° warm betrachtet werden konnte. War es aber darum zu thun, das totale Sinken des Quecksilbers kennen zu lernen, welches einer Temperatur von 30° C. gehörte, so wurde das Wasser fortwährend bei dieser Wärme erhalten[1]. Es versteht sich von selbst, dafs durch stetes Umrühren des Wassers die gesammte Masse desselben bei gleichmäfsiger Wärme erhalten wurde. Unter diesen Bedingungen, da der Temperaturunterschied nicht grofs, die Zeitdauer verhältnifsmäfsig lang (5 Minuten) und die Gesammtmenge des erwärmenden Gases nur klein (ungefähr 33 Kubik-Centimeter) war, liefs sich ein hoher Grad von Genauigkeit erreichen. Um dieses gehörig zu würdigen, kommt noch Folgendes in Betrachtung.

Sofern sich der kleine Ballon mit dem in ihm enthaltenen Gase in einer und derselben gröfseren Kugel eingeschlossen befand und der ganze Apparat stets auf die nämliche Temperatur gebracht wurde, mufste dem inneren Ballon durch gleiche Erwärmung des äufsern jedesmal eine gleiche Menge Wärme zu-

---

1 Aus eigener Erfahrung habe ich mich überzeugt, dafs dies was bei solchen Versuchen am angemessensten ist, durch Unterhaltung einer kleinen Weingeistlampe oder Zugiefsen von heifserem Wasser in kleinen Quantitäten leicht zu erreichen ist, nur mufs ein geübter Gehülfe dieses Geschäft ausschliefslich besorgen.

Digitized by Google

Mittwoch, den 19. Juni (Fortsetzung). Unter Anderem hielt Professor Gneist, auf dessen Antrag das Amt des Präsidenten der Versammlung übertragen worden war, eine Rede, in welcher er sich über die Bedeutung der Versammlung, über die Aufgaben, welche ihr gestellt seien, und über die Grundsätze, nach welchen sie zu lösen seien, aussprach.

Donnerstag, den 20. Juni. Die Versammlung beschäftigte sich mit der Frage, ob Deutschland eine Centralgewalt haben solle, und ob diese Centralgewalt in einem Bundesstaate oder in einem Einheitsstaate bestehen solle. Es wurden viele Reden gehalten, aus denen sich ergab, daß die Mehrheit der Versammlung für einen Einheitsstaat sei. Es wurde ferner beschlossen, daß die Centralgewalt in einem Einheitsstaate bestehen solle, und daß sie in einem Parlamente und einem Ministerium bestehen solle. Es wurde ferner beschlossen, daß das Parlament aus zwei Kammern bestehen solle, und daß die Mitglieder der ersten Kammer auf Lebenszeit ernannt werden sollen. Es wurde ferner beschlossen, daß die Mitglieder der zweiten Kammer durch allgemeine Wahlen ernannt werden sollen. Es wurde ferner beschlossen, daß die Mitglieder der zweiten Kammer auf drei Jahre ernannt werden sollen. Es wurde ferner beschlossen, daß die Mitglieder der zweiten Kammer nicht wiedergewählt werden können. Es wurde ferner beschlossen, daß die Mitglieder der zweiten Kammer nicht wiedergewählt werden können. Es wurde ferner beschlossen, daß die Mitglieder der zweiten Kammer nicht wiedergewählt werden können.

darauf, die Temperatur zu beobachten, welche die Gase nach 5 Minuten erhalten hatten, sondern sie richteten ihre Aufmerksamkeit auch auf diejenige, welche ihnen nach 2 Min. und nach 4 Min. mitgetheilt worden war; bei der ersteren machten sie insgesammt gleichmäfsig das Quecksilber um 8 Millim. sinken, welches einer Temperaturerhöhung von 3°,5 zugehört nach 4 Minuten aber sank das Quecksilber um 12,5 Millimeter, was einen Zuwachs der Temperatur von 5°,5 C. anzeigt Beide Beobachtungen waren etwas schwierig, weil der Hahn nicht, wie nach den normalen 5 Minuten, geschlossen wurde inzwischen glauben sie, dafs der begangene Fehler nie mehr als 0,2 bis 0,3 Millim. betragen habe, und dieses gehört einer Temperatur von 0°,08 und 0°,12 zu. Es scheint also hiernach der Satz begründet zu seyn, dafs alle Gase unter gleichem Drucke und bei gleichem Volumen eine gleiche specifische Wärme besitzen, und dafs also die specifische Wärme derselben, wenn man sie auf die Massen reducirt, ihren specifischen Gewichten umgekehrt proportional sey.

397) Um den Einflufs des Druckes auf die specifische Wärme der Gase zu ermitteln, behielten sie den vorigen Apparat bei, verlängerten aber die Röhre mit der Quecksilbersäule bis 60 oder 70 Centimeter, statt dafs es früher nur 15 Centimeter lang war. Die stärkere Verdünnung der Gase in dem kleinen Ballon bewirkte dann ein stärkeres Aufsteigen der Quecksilbersäule in diesem Rohre, deren Höhe vom Barometerstande abgezogen die Dichtigkeit des Gases gab. Durch dem beschriebenen ganz gleiches Verfahren fanden sie, dafs den nachfolgenden Dichtigkeiten die Gase während 5 Minuten um folgende Thermometergrade erwärmt wurden.

Unter	0,650	Meter	Druck	in	5	Minuten um	6°,30
—	0,590	—	—	—	—	—	6,55
—	0,437	—	—	—	—	—	6,90
—	0,370	—	—	—	—	—	7,01
—	0,258	—	—	—	—	—	7,30.

Wird also die Gasart weniger dicht, so wächst die Wärme welche ein gleiches Volumen während derselben Zeit und unter gleichen Bedingungen annimmt. Die hier angegebenen Gröfsen wurden durch Versuche mit atmosphärischer Luft erhalten, andere mit Wasserstoffgas, ölbildendem Gas und Ko

Digitized by Google

nsäure angestellt, bestätigten das gefundene Gesetz vollkom-
en. Merkwürdig war hierbei der Umstand, dafs das Was-
rstoffgas sich in diesen Versuchen genau, wie alle übrigen
se verhielt, woraus hervorgeht, dafs der bei den Versuchen
ter einem Drucke von 0,65 Metern wahrgenommene Unter-
hied eine Folge seines besseren Leitungsvermögens seyn mufs,
elches nach Dulong und Petit bei verminderter Dichtigkeit
selben verschwindet. Durch eine leichte Abänderung des
brauchten Apparates, indem die in Quecksilber gesenkte
lsröhre heberförmig aufgebogen war, konnten Marcet und
Marive ihre Versuche auch auf Gase unter höherem, als at-
sphärischem Drucke ausdehnen. Sie gaben mit den entge-
gesetzten gleiche Resultate, denn die Wärmecapacität nahm
t der Dichtigkeit zu, jedoch in einem geringeren Verhält-
se, als dem der Quadratwurzeln der Elasticitäten. Ihre Ver-
he erstreckten sich auf Verdichtungen bis zu 0,8 ja selbst
) Meter Quecksilberhöhe, und alle geprüfte Gase zeigten sich
in übereinstimmend, wodurch dasjenige Bestätigung erhält, was
Laroche und Bérard bereits gefunden hatten (§. 386). Es
t also aus allen diesen Versuchen, dafs die specifische Wär-
aller Gase für gleiche Volumina und gleiche Elasticitäten
nämliche ist, und zugleich nach einem nicht genauer be-
mmten Gesetze mit zunehmender Elasticität in einem wenig
ehmenden Verhältnisse wächst. Der erste wichtige Satz
let theoretisch eine Bestätigung darin, dafs alle Gase sich
ch gleiche Grade der Wärme gleichmäfsig ausdehnen, wo-
h also die nämlichen Wärmemengen bei allen gleiche Wir-
gen hervorzubringen scheinen. Für das zweite Verhalten
ben die Experimentatoren selbst kein eigentliches Gesetz auf-
stellt, wohl aber ist dieses durch Prevost[1] geschehn, wel-
r seine Hypothese über den Wärmestoff dabei zum Grunde
g, und hiernach folgende Formel aufstellt.

$$\sqrt[3]{p'} : \sqrt[3]{p} = t : t',$$

rin p den gemessenen, p′ den gegebenen Druck, t die be-
chtete und t′ die gesuchte Temperatur bezeichnen. Im vor-
genden Falle, bezüglich auf die unter stets vermindertem
cke erhaltenen Resultate hätte man also

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXIX. p. 194. Poggendorff's Ann. IV. 595.

$$\sqrt[3]{p'} : \sqrt[3]{0{,}65} = 6°{,}3 : x.$$

Die Berechnung der gegebenen Gröfsen giebt folgende Uebersicht:

Versuche Nr.	Druck in Metern	Erwärmung in 5 Minuten berechnet	Erwärmung in 5 Minuten beobachtet	Unterschied	Verhältnifs der Unterschiede zu den berechneten Graden
1	0,650	. . .	6,30	. . .	. . . . .
	0,590	6,51	6,55	— 4	0,006
	0,487	6,94	6,90	+ 4	0,066
	0,370	7,60	7,01	+ 59	0,077
5	0,258	8,58	7,30	+ 128	0,149

Das stete Wachsen der Unterschiede ist hierbei zu auffallend, als dafs Prevost selbst es übersehn konnte, und er glaubt daher, dafs noch eine fremde Ursache mitwirkend seyn müsse. Um genauere Resultate zu erhalten, und hauptsächlich die letzten grofsen Unterschiede wegzuschaffen, schlägt er daher vor, jede folgende Gröfse aus der unmittelbar vorhergehenden zu berechnen. Hiernach erhielte man

$$\sqrt[3]{0{,}258} : \sqrt[3]{0{,}370} = 7{,}01 : x,$$

wodurch die Unterschiede in 0,073 und 0,076 verwandelt werden, allein auch hierbei wird die Zunahme sichtbar, die natürlich bei jedem einzelnen Gliede kleiner seyn mufs, als wenn sie summirt wird, aber auf jeden Fall ist auf diese Weise kein allgemeines Gesetz zu erhalten.

Marcet und Delarive haben die Wärmecapacitäten nicht auf das specifische Gewicht der untersuchten Gase reducirt und ebenso nicht auf die des Wassers. Sobald die letztere Bestimmung in genügender Genauigkeit vorhanden ist, hat die erstere keine Schwierigkeiten. Immerhin kann aber die durch Dulong, Roche und Bérard aufgefundene Reduction der specifischen Wärme der trocknen atmosphärischen Luft auf die des Wassers als hinreichend genau gelten, und es ist dann leicht, die für atmosphärische Luft, und somit für alle Gase geltenden Gröfse durch das specifische Gewicht der Gase zu dividiren, um die specifischen Wärmen derselben für gleiche Massen zu

Digitized by Google

halten. Durch dieses Verfahren sind die in der angehängten abelle gegebenen Bestimmungen gefunden worden.

398) Inzwischen wurden Marcet und Delarive bewo- n, die hier aufgestellten Sätze noch durch eine nachträgliche eihe von Versuchen zu bestätigen[1]. Es wurde ihnen nämlich r Einwurf gemacht, die Masse der in der Kugel eingeschlos- nen Gase sey an sich und namentlich im Verhältnifs zu der e einschliefsenden Glaskugel zu gering gewesen, um so eine Unterschiede, als hierbei statt fänden, anzugeben. Hier- gen rechtfertigten sie sich durch nähere Angabe der ungle- en Temperaturen, die sie bei denselben Gasen unter ver- hiedenem Drucke beobachtet hatten, denn diese erhielten unter n nämlichen Bedingungen der Erwärmung, wenn sie 10° rm einer Umgebung von 20° ausgesetzt wurden, binnen 5 nuten folgende Temperaturen.

Gase	Barometer-druck	Erwär-mung
atmosphärische Luft	0,66 Meter	6°,70 Cent.
	0,46 —	7,64 —
	0,25 —	8,55 —
kohlensaures Gas .	0,68 —	6°,66 —
	0,55 —	6,96 —
	0,42 —	7,80 —
	0,27 —	8,45 —
	0,17 —	9,50 —
Stickstoffoxydulgas	0,67 —	6°,69 —
	0,50 —	7,20 —
	0,37 —	7,60[2] —
	0,27 —	8,50 —
Wasserstoffgas . .	0,65 —	7°,00 —
	0,50 —	7,40 —
	0,32 —	8,10 —
	0,22 —	8,60 —

Hierbei sind allerdings die Unterschiede der erhaltenen Tem- peraturen sehr bedeutend, und das hierauf gegründete Argu-

[1] Ann. de Chim. et Phys. T. XLI. p. 78. Bibl. univ. T. XLI. p. 37. Poggendorff's Ann. XVI. 340.

[2] Diese Gröfse halten die Experimentatoren für nicht hinlänglich genau.

Digitized by Google

ment, dafs auch die Unterschiede der specifischen Wärmen, wenn solche vorhanden wären, sich hätten zeigen müssen, ist nicht ohne bedeutendes Gewicht. Nimmt man die atmosphärische Luft 15mal so schwer an, als das Wasserstoffgas, so war die Masse dieses Gases zu der der Luft in den Versuchen gleichfalls in diesem Verhältnisse, dagegen aber betrug der Unterschied der Masse bei atmosphärischer Luft unter 0,66 Meter und 0,25 Meter Druck nur etwas mehr als die Hälfte und ebenso bei Wasserstoffgas unter 0,65 und 0,32 Meter Druck nicht mehr als die Hälfte, und dennoch gab jene 1°,85, diese aber 1°,1 Unterschied der Temperaturen. Hieraus geht wohl überzeugend hervor, dafs der Unterschied der Wärmecapacitäten bei den Gasen unter gleichem Drucke und für gleiche Volumina auf jeden Fall nicht grofs seyn kann, wollte man auch eine absolute Gleichheit in Zweifel stellen, denn ein irgend bedeutender Unterschied mufste nothwendig aus den angestellten Versuchen hervorgehn.

Inzwischen begnügten sich Marcet und Delarive mit diesem Beweise der Genauigkeit ihrer früheren Versuche nicht, sondern sie wiederholten sie vielmehr mit einer weit gröfseren Kugel, die aber dennoch so dünn war, dafs sie nur 22 Gramm wog und bei einem Drucke von 0,68 Meter Barometerhöhe und 12° C. Temperatur 0,4 Gramm atmosphärische Luft enthielt. Die Quecksilberröhre hatte 4 Millim. im Durchmesser, die Wirkung der Capillarität war also nicht grofs, und das Quecksilber konnte sich frei in ihr bewegen; sie war aufserdem 15 Centimeter über der Kugel durch einen gläsernen eingeschliffenen Hahn unterbrochen, und so konnten durch Entfernung jedes Kittes und jedes Metalles auch Chlor und Schwefelwasserstoffgas untersucht werden, nur mufste dann die Röhre mit atmosphärischer Luft gefüllt seyn, um den Zutritt der genannten Gase zum Quecksilber zu verhüten. Hieraus entstanden indefs keine Fehler, denn alle einzelne, mit diesen Gasen angestellte Versuche gaben unter sich völlig übereinstimmende Resultate. Die wie die frühere eingerichtete äufsere kupferne Kugel hatte 22 Centim. oder nahe 8 Zoll Durchmesser, und es ward stets darauf geachtet, dafs sie gehörig luftleer blieb, auch alle Theile des Apparates in gutem Stande waren. Die Elasticität des in den Ballon gebrachten Gases betrug nahe 0,69 Meter Quecksilberhöhe, die kupferne Kugel aber, nachdem sie gehörig

Digitized by Google

exantlirt war, wurde im Wasser bis genau 12°,5 erkältet, und ler bleibende Stand des Quecksilbers in der Glasröhre zeigte, lafs auch das Gas im Ballon genau diese Temperatur angenommen hatte. Demnächst ward die kupferne Kugel schnell n Wasser von 31° C. gebracht, worauf sehr bald das Quecksilber in der Röhre zu sinken begann. Von dem Augenblicke n, wo dieses anfing, ward von Minute zu Minute beobachtet, m wieviel dasselbe herabgesunken war, woraus sich die successiven Erwärmungen des jedesmal untersuchten Gases entehmen liefsen. Jeder Versuch wurde mehrmals wiederholt, bgleich die nächstfolgenden Resultate von den vorhergehenen nur unmerklich abwichen. Dafs dabei alle mögliche Vorichtsmafsregeln angewandt wurden, mufs man der Versicheung der gewissenhaften Experimentatoren zutrauen, die auch amentlich jederzeit untersuchten, ob kein Theil des Appärates ährend der Versuchsreihe in Unordnung gerathen war. Die lgende Tabelle enthält die ausführlich mitgetheilten Resultate.

Gase	Beobachtungszeiten	Depressionen des Quecksilbers	Grade der Erwärmung
atmosphärische Luft	2 Minuten	23,0 Millim.	9°,20
	3 —	28,1 —	11,24
	4 —	31,5 —	12,60
	5 —	33,5 —	13,40
	6 —	34,6 —	13,84
	7 —	35,4 —	14,16
	8 —	36,0 —	14,40
Kohlensäure	2 Minuten	23,0 Millim.	9°,20
	3 —	28,0 —	11,20
	4 —	31,5 —	12,60
	5 —	33,7 —	13,48
	6 —	34,7 —	13,88
	7 —	35,5 —	14,20
	8 —	35,9 —	14,36
Stickstoffoxydul . . .	2 Minuten	23,0 Millim.	9°,20
	3 —	28,0 —	11,20
	4 —	31,3 —	12,52
	5 —	33,4 —	13,36
	6 —	34,5 —	13,80
	7 —	35,5 —	14,20
	8 —	36,0 —	14,40

Digitized by Google

Gase	Beobachtungszeiten	Depressionen des Quecksilbers	Grade der Erwärmung
ölbildendes Gas . . .	2 Minuten	23,0 Millim.	9°,20
	3 —	28,0 —	11,20
	4 —	31,5 —	12,60
	5 —	33,1? —	13,24
	6 —	34,5 —	13,80
schweflige Säure . .	2 Minuten	23,0 Millim.	9°,20
	3 —	28,0 —	11,20
	4 —	31,5 —	12,60
Schwefelwasserstoff .	2 Minuten	23,0 Millim.	9°,20
	3 —	28,1 —	11,23
	4 —	31,7 —	12,68
Chlorgas	2 Minuten	22,9 Millim.	9°,16
	3 —	28,0 —	11,20
	4 —	31,6 —	12,64
	5 —	33,5 —	13,40
	6 —	34,4 —	13,76
Wasserstoffgas	2 Minuten	23,6 Millim.	9°,44
	3 —	29,0 —	11,60
	4 —	32,0 —	12,80
	5 —	33,8 —	13,52
	6 —	34,7 —	13,88
	7 —	35,5 —	14,20
	8 —	36,1 —	14,41

Bei der schwefligen Säure, dem Schwefelwasserstoffgas und dem Chlorgas wurde die Beobachtung nur so lange fortgesetzt, bis diese sich mit der im Glasrohre befindlichen atmosphärischen Luft mengten und das Quecksilben angriffen.

Vergleicht man die hier gegebenen Resultate unter einander, so ergiebt sich daraus, dafs mit Ausnahme des Wasserstoffgases alle übrige sich in gleichen Zeiten gleichmäfsig ausdehnten, also um gleichviel erwärmt wurden, und demnach eine gleiche specifische Wärmecapacität haben müssen, da ihnen die Wärme aus einer gleich intensiven Quelle zuströmte. Die Abweichungen betragen nicht mehr als 0°,04 und nur in zwei Fällen 0°,08, und da sie bald auf der einen, bald auf der andern Seite liegen, so können sie nur als Beobachtungsfehler gelten. Wären aber wirklich Unterschiede der Wärmecapacitäten vorhanden gewesen, die eine 0°,04 gröfsere oder

Digitized by Google

Kgreifswalder Bote Nr. 4 vom 27. Januar 1946 Seite 3

zwei Glasröhren, welche mit den beiden Mündungen de Schlangenrohrs verbunden waren. Bei den Versuchen füllte sie das Gefäfs mit Terpentinspiritus, wegen seiner geringere Wärmecapacität, erwärmten dasselbe, brachten es dann in di Mitte der kupfernen Kugel vermittelst des Deckels der letzte ren, woran es durch die Thermometerröhre festsafs, exantlirte die Kugel, senkten sie dann ins Wasser, welches genau di Temperatur des Zimmers hatte, und beobachteten die Zeit de Abkühlung um eine bestimmte Zahl von Thermometergrade Alsdann wiederholten sie diesen Versuch, liefsen aber währen des Erkaltens um eine gleiche Anzahl Grade ausgetrocknet atmosphärische Luft von der Temperatur der Umgebung durc das Schlangenrohr strömen, wodurch die vorher blofs von de Stnahlung herrührende Abkühlung beschleunigt wurde. Au gleiche Weise liefsen sie auch diejenigen Gase durch da Schlangenrohr strömen, deren specifische Wärme sie mit de der Luft vergleichen wollten, und dabei wurde jederzeit di Quantität des angewandten Gases genau gemessen und zugleic durch angemessenes Oeffnen des Hahn dafür gesorgt, dafs i gleichen Zeiten gleiche Quantitäten des Gases durchströmten.

Die Art der Berechnung der auf diese Weise erhaltenen Re sultate entnahmen sie aus einem Briefe von Dulong, wel dieser zugleich rieth, hauptsächlich dafür zu sorgen, dafs d Vacuum jederzeit gleich sey. Vor allen Dingen sollen aber d Unterschiede der Temperaturen 10° C. nicht übersteigen, w nach seiner Ansicht nur unter dieser Bedingung das Newton sche Gesetz als gültig zu betrachten ist. Heifst dann T d veränderliche Ueberschufs der Temperatur des Calorimeters üb die der Hülle, welcher der Zeit t entspricht, die vom An fange des Erkaltens an verstrichen ist; a der Ueberschufs die ser Temperatur für $t = 0$ und T′ für eine Zeit $= \Theta$, so kann der Fortgang des Erkaltens durch: $T = a\,m^t$ ausgedrückt werden wobei m durch die Beobachtung bestimmt werden mufs. De allgemeine Ausdruck für die Geschwindigkeit des Erkal wird dann seyn:

$$v' = \frac{dT}{dt} = -TL.m.$$

Will man dieselbe für die Temperatur a erhalten, so darf m

Digitized by Google

iese Gröfse nur statt T in die Formel setzen, und erhält dann ie Constante L.m, indem man setzt

$$T' = a\,m^{\Theta}; L.T' = L.a + \Theta L.m,$$

oraus folgt

$$L.m = \frac{L.a - L.T'}{\Theta} = \frac{L.\frac{a}{T'}}{\Theta},$$

nd durch Substitution

$$v' = \frac{a\,L.\frac{a}{T'}}{\Theta}$$

ie Geschwindigkeit der gesammten Abkühlung, und wenn ein as durch den Apparat strömt, so ist

$$v'' = \frac{a\,L.\frac{a}{T''}}{\Theta''}.$$

ierin bezeichnet T'' die nach der Zeit Θ'' beobachtete Tem- eratur, L aber den hyperbolischen Logarithmus. Die Ge- hwindigkeit des Erkaltens, die vom Gas allein herrührt, ist $v = v'' - v'$.

Man findet auf diese Weise leicht das Verhältnifs der spe- fischen Wärme zweier Gase bei gleichem Volumen. Ist näm- h die Geschwindigkeit für atmosphärische Luft = v; für das rglichene Gas = V; die specifische Wärme der Luft = c; s Gases = C; das Volumen der durchströmenden Luft = w; s durchströmenden Gases = W, so hat man

$$\frac{C}{c} = \frac{w\,V}{v\,W}.$$

Will man die Capacitäten auf Wasser zurückführen, so ist m die Wärmemenge, welche durch das Instrument von der Wassermasse = m abgegeben wird (dessen Wärmecapacität = 1 esetzt), um das Gas zu erwärmen, eine gleichmäfsige Abküh- ng vorausgesetzt. T m′c′ ist die Wärmemenge, welche von em in der Zeiteinheit durchströmenden Gase aufgenommen ird, dessen Masse = m′ und die Wärmecapacität auf die des Wassers als Einheit bezogen = c′ ist, T aber die Tempera- rzunahme des Gases, welches durch das Instrument strömt,

Digitized by Google

in dem Augenblicke, für welchen es die Geschwindigkeit $= v''$ angenommen hat. Hiernach ist also

$$v'' m = T m' c',$$

woraus c' gefunden wird.

Um von diesen Formeln Gebrauch zu machen, wählten Marcet und Delarive folgende Bezeichnungen. Es hiefs Θ die Zeit des Erkaltens ohne durchströmendes Gas; Θ'' diese Zeit beim Durchströmen von atmosphärischer Luft; Θ''' beim Durchströmen einer andern Gasart. Ferner hiefs w das Volumen Luft, welches während der Zeit Θ'' durchströmte; W' das Volumen des in der Zeit Θ''' durchströmenden Gases und W das Volumen dieses Gases, welches in der Zeit Θ'' durchgeströmt seyn würde. Man erhält dann für eine gleichmäfsige Durchströmung

$$W = W' \frac{\Theta''}{\Theta'''}.$$

Aufserdem hat man, wenn v' die Geschwindigkeit des Erkaltens ohne durchströmendes Gas; v'' bei durchströmender atmosphärischer Luft; v''' bei durchströmender sonstiger Gasart heifst, folgende Relationen

$$v' = \frac{aL \cdot \frac{a}{T'}}{\Theta'},$$

$$v'' = \frac{aL \cdot \frac{a}{T'}}{\Theta''},$$

$$v''' = \frac{aL \cdot \frac{a}{T'}}{\Theta'''},$$

worin T' die stets gleiche Anzahl von Graden bezeichnet, um welche die Abkühlung in den Zeiten Θ'; Θ''; Θ''' statt findet, wenn kein Durchströmen statt findet, oder ein Volumen Luft $= w$, oder ein Volumen Gas $= W'$ durchströmt. Es ist aber die Geschwindigkeit des Erkaltens, die durch die Luft oder das Gas allein bewirkt wird, dem Unterschiede gleich, welcher beobachtet wird, wenn Luft oder Gas durchströmt, und wenn die Strahlung allein wirkt. Heifst daher v die Geschwindigkeit des Erkaltens, die der atmosphärischen Luft allein zukommt, wenn ein Volumen derselben $= w$ während der

Digitized by Google

Zeit Θ'' durchströmt und V diejenige, die dem Gas allein zukommt, wenn ein Volumen W' desselben während der Zeit Θ''' durchströmt, so hat man

$$v = v'' - v' = \frac{a\,L.\frac{a}{T'}}{\Theta''} - \frac{a\,L.\frac{a}{T'}}{\Theta'};$$

$$V = v''' - v' = \frac{a\,L.\frac{a}{T'}}{\Theta'''} - \frac{a\,L.\frac{a}{T'}}{\Theta'}.$$

etzt man also in Dulong's Formel, wonach

$$\frac{C}{c} = \frac{w\,V}{v\,W}$$

ir v und V die gefundenen Werthe, und berücksichtigt man, ss $W = W'\frac{\Theta''}{\Theta'''}$ ist, so erhält man nach gehöriger Reduction

$$\frac{C}{c} = \frac{(\Theta' - \Theta''')\,w}{(\Theta' - \Theta'')\,W'},$$

id demnach unmittelbar die specifische Wärme des Gases, verichen mit der der atmosphärischen Luft, letztere als Einheit nommen.

Um die Genauigkeit zu zeigen, welche auf diesem Wege halten wird, theilen Delarive und Marcet aus ihren zahlichen Versuchen eine genaue Beschreibung derjenigen Resule mit, die sie für ölerzeugendes und für kohlensaures Gas funden haben. Die Temperatur der Umgebung war 11° C. er 11°,5; die Abkühlung betrug 6° oder 7°,5 in beiden Verchsreihen. Bei der ersten Versuchsreihe geschah die Abküh-ng von 25° bis 19°, also war $T = 6°$; die Zeit der Abhlung ohne durchströmendes Gas, also Θ', betrug 1240 Seden; die Zeit der Abkühlung bei durchströmender Luft, o Θ'', betrug 860 Sec.; das Volumen der durchströmenden ft, also w, = 13675,879 Kubikcentimeter. Es waren dann r die Zeit Θ''' des durchströmenden Gases und das Volumen desselben

Θ''.	W'	$\frac{C}{c}$
624''	11487,307	1,4958
594	11603,240	1,5576
632	11038,318	1,5376;

im Mittel also 1,5303. Drei andere Versuche gaben im Mitte 1,5315 und aus beiden also das Mittel 1,5309; Dulong fan für dieses Gas 1,531; Delaroche und Bérard 1,553. Fü Kohlensäure fanden sie 1,222, statt dafs Dulong 1,175, Dela roche und Bérard aber 1,258 gefunden hatten; sie halten abe ihre Bestimmung leicht für etwas zu grofs, weil das Wasse des Gasometers eine Kleinigkeit des Gases verschluckt habe konnte, wodurch W' zu klein, also C : c zu grofs werde mufste.

Die schwierigsten Versuche sind die mit Wasserstoffga weil man kaum verhüten kann, dafs dasselbe nicht entwed zu schnell oder zu langsam durchströmt. Die Temperatur d Zimmers war 11°,25, das Thermometer ging von 49°,5 a 45° herab, also um 4°,5 binnen 5 Minuten, während welch Zeit 7373,7 Kubikcentim. Gas durchströmten. Eine ganz gleic Quantität atmosphärischer Luft machte in der nämlichen Z das Thermometer um gleichviele Grade sinken; es waren al 10 Minuten erforderlich, damit die Temperatur ohne durc strömendes Gas oder Luft um gleich viele Grade herabgi Strömte das Wasserstoffgas langsamer hindurch, so ergab si eine bedeutend geringere Wärmecapacität desselben. Delar und Marcet sind daher nach ihren Versuchen, die sie a mit Sauerstoffgas und Stickgas anstellten, überzeugt, dafs gl che Volumina der einfachen Gase unter constantem Drucke nämliche Wärmecapacität haben; sie beabsichtigen ihre V suche noch weiter fortzusetzen, als Flüssigkeit im Calorim aber Quecksilber anzuwenden, wegen seiner weit geringe Wärmecapacität. Die sehr schätzbaren Versuche zeigen e dent, dafs durch das beschriebene Verfahren sehr genaue R sultate erhalten werden, hauptsächlich wenn man die Appa nicht zu klein ausführt und eine hinlänglich grofse Menge hindurchströmen läfst. Immerhin bleibt aber fraglich, ob du die von Delaroche und Bérard gewählte Methode, der angegebene übrigens sehr nahe kommt, nicht auf leich Weise und mit einer engeren Fehlergrenze gleich genaue o selbst noch genauere Resultate zu erhalten wären. Die gefu denen Werthe sind nicht auf Wasser als Einheit reducirt; habe hierfür aber diejenige Gröfse angenommen, welche Dul rive und Marcet schon bei ihren früheren Versuchen als

Digitized by Google

ichtige anerkannten, und hieraus sind die in der Tabelle auf-
geführten Bestimmungen entstanden.

Es kann hier noch beiläufig erwähnt werden, dafs H. Davy[1] in bis 160° F. erhitztes Thermometer in verschiedenen Gas-
rten von 52° F. Temperatur erkalten liefs und die ungleichen
eiten mafs, die zu einer Abkühlung bis 106° F. erfordert
urden. Das Volumen der Gase war 21 Kubikzoll, die Zeiten
er giebt folgende Tabelle.

In atmosphärischer Luft .	120 Sec.	Sauerstoffgas . . .	107 Sec.
Wasserstoffgas	45 —	Salpetergas	162 —
ölerzeugendes Gas . . .	75 —	Kohlensäure . . .	165 —
Kohlenoxydgas	55 —	Chlor	186 —
Stickgas	90 —		

s verlohnt sich aber nicht der Mühe, diese ohnehin nicht
inlänglich genauen Resultate einer Berechnung zu unter-
erfen.

400) Eine ebenso ausführliche als gehaltreiche Arbeit über
e specifische Wärme der Gase hat Dulong[2] geliefert, und er
olgte dabei eine bis dahin noch nicht angewandte Methode.
gen die Versuche von Haycraft, welcher ohnehin seine
pparate und Verfahrungsarten nicht mit hinlänglicher Ge-
uigkeit beschrieben hat, findet er zu erinnern, dafs er nur
e einzige zusammengesetzte Gasart, nämlich die Kohlensäure,
tersuchte und daher nicht berechtigt war, das aufgefundene
setz auf alle solche Gase anzuwenden; im Allgemeinen be-
rkt er aber, dafs die Beweglichkeit der Gase und die aus
eser und andern Ursachen folgende ungleich schnelle Auf-
hme der Wärme leicht unrichtige Folgerungen herbeiführen
nne. Derselbe Einwurf trifft auch die eben erwähnten Ver-
che von Marcet und Delarive, obgleich Dulong zuge-
eht, dafs sie alle von ihm selbst und Petit für diese Ver-
hrungsart aufgefundene Vorsichtsregeln in Anwendung ge-
acht hätten. Die erste Bedingung, meint er, welche erfüllt
erden müsse, bestehe darin, dafs die Wärmemenge, welche

1 Philos. Trans. 1817. p. 60.

2 Mém. de l'Acad. Roy. des Sc. T. X. Ann. de Chim. et Phys. XLI. p. 113. Poggendorff's Ann. XVI. 438. Wiener Zeitschr. Th. I. St. 4. S. 474. Vergl. Art. *Schall*. Bd. VIII. S. 421.

von dem den zu erwärmenden Körper einschliefsenden Gefäfse verschluckt oder abgegeben wird, kein zu grofser Theil der gesammten, beim Versuche fortgehenden oder hinzutretenden Wärme sey, und diese Bedingung lasse sich bei expansibelen Flüssigkeiten kaum überall erreichen. Nach den Dimensionen der von Marcet und Delarive gebrauchten Apparate betrug das Gewicht des Glases 7,017 und der darin enthaltenen Luft 0,036 Gramm bei 0,65 Meter Barometerhöhe und 20° C. Temperatur, mithin standen die Wärmemengen, welche beide zu gleicher Erhöhung der Temperatur bedurften, im Verhältnifs von 126 zu 1, für ein anderes Gas aber von einer nur $\frac{1}{4}$ so grofsen Wärmecapacität würde die Gröfse dieses Unterschiedes nur $\frac{1}{500}$ der gesammten Wärmemenge betragen. So kleine Gröfsen zu messen ist nicht wohl möglich, denn bei einer gegebenen Zeit von 5 Minuten entspricht das Intervall der Erwärmung oder Erkältung um eine gleiche Zahl von Graden einem Unterschiede von 36 Tertien. Hiernach leitet Dulong die Zeiten, welche die verschiedenen Gase erforderten, damit sie um eine gleiche Anzahl von Graden erwärmt wurden, lediglich von der ungleichen Geschwindigkeit ab, mit der sich die inneren Theile derselben mit den äufseren, die allein Wärme durch unmittelbare Mittheilung von den Wandungen des Gefäfses erhielten, vermischten, und da alle Gase eine gleiche Expansivkraft besafsen[2], so wichen diese Zeiten desto mehr von einander ab, je beträchtlicher der Temperaturüberschufs desselben Gefäfses war, so dafs der Unterschied unmerklich werden konnte, wenn sich dessen Wände sehr langsam erwärmten. Das aufgestellte Argument, der gebrauchte Apparat sey fein genug gewesen, um den Unterschied der specifischen Wärme verdünnter Gasarten gegen die der dichteren kenntlich zu machen, und er müsse daher auch genügen, den Unterschied

---

1 Für den später gebrauchten gröfseren Ballon ist das Verhältnifs 55 zu 1; die neuesten Versuche dieser Gelehrten aber unterliegen diesem Vorwurfe nicht.

2 Streng genommen, kann dieses nicht richtig seyn, denn specifisch leichteren Gase haben eine weit gröfsere Fluidität, und namentlich ist oben §. 398 nachgewiesen worden, dafs der Unterschied dieser Beweglichkeit zwischen Wasserstoffgas und atmosphärischer Luft weit gröfser sey, als zwischen der letzteren unter stärkerem und geringerem Drucke.

Google

der specifischen Wärme verschiedener Gase merkbar zu machen, stellt Dulong in Zweifel, vielmehr müsse man, um diesen Schluſs zu begründen, zuvörderst beweisen, daſs die Ungleichheit in der Zeit der Erwärmung gleicher Volumina des nämlichen, aber ungleich dichten Gases bloſs vom Unterschiede der specifischen Wärme abhänge. Wenn aber weiter bemerkt wird, daſs in den vergleichbaren Versuchen mit atmosphärischer Luft unter 0,65 und 0,26 Meter Quecksilberdruck statt der Zeiten, welche zur gleichen Erwärmung nöthig waren, die in gleichen Zeiten erlangten ungleichen Wärmen mitgetheilt seyen, hierdurch aber die Vergleichung erschwert werde, so gestehe ich, daſs ich dieses nicht genau zu begreifen vermag; und aufserdem wird zur Begründung dieses Einwurfes gefordert, man solle voraussetzen, daſs die specifische Wärme des Gases vermöge einer Verdünnung auf 0 reducirt sey, was doch in der That unmöglich ist. Inzwischen folgert Dulong aus allen diesen Gründen, daſs es unzulässig sey, eine Einrichtung dieses Apparates oder eine Verfahrungsweise zu ersinnen, welche erlaube, aus den Zeiten der Erwärmung oder der Erkaltung die specifische Wärme der Gase aufzufinden. Hiernach hält er also die Versuche von Delaroche und Bérard, obgleich sie eine gröſsere Genauigkeit zu wünschen übrig lassen, für diejenigen, welche noch immer das gröfste Vertrauen verdienen, und daher hinreichen, um aufser Zweifel zu setzen, daſs alle einfache und zusammengesetzte Gase unter gleichem Drucke und bei gleichem Volumen nicht gleiche Wärmecapacität besitzen. Inzwischen bezögen sich diese Versuche nur auf Gase, die einem constanten Drucke ausgesetzt sind und die Aufgabe bleibe für die Voraussetzung eines constanten Volumens noch ganz unerfüllt, biete aber in dieser Beziehung für die experimentelle Untersuchung weit mehr Schwierigkeiten dar, und man habe noch kein Mittel zu ihrer directen Auflösung.

Ohne hier vorläufig auf die Bedingungen des gleichen Druckes und des gleichen Volumens einzugehn, welche ich später klar zu entwickeln mich bemühn werde, müssen sich nothwendig folgende Betrachtungen aufdrängen. Es ist allerdings nicht in Abrede zu stellen, daſs Marcet und Delarive ihre Versuche mit sehr geringen Mengen der Gase anstellten, deren Masse, mit der der übrigen Theile des Apparates, namentlich des einschlieſsenden Ballons, verglichen, eine kleine

Digitized by Google

Gröfse ist, und die Versuche von Delaroche und Bérard behalten daher allezeit einen grofsen Vorzug, weil sie mit so beträchtlichen Mengen angestellt wurden; von der andern Seite aber wird dieser Nachtheil durch anderweitige Bedingungen wieder bedeutend aufgewogen. Dem Wesen nach war der gebrauchte Apparat ein Luftthermometer, und es ist noch niemandem eingefallen, diese Werkzeuge, auch wenn das Verhältnifs der Massen der eingeschlossenen Luft gegen die einschliefsende Hülle noch ungleich gröfser ist, für ungenau zu halten, wonach die Resultate aller mit Luftthermometern angestellten Versuche höchst unsicher seyn müfsten, was der bisherigen Annahme ebenso sehr als einer Vergleichung derselben mit andern, so wie auch unter sich, geradezu widerstreite. Dazu kommt aber der Umstand, dafs im vorliegenden Falle dem Luftthermometer die Wärme jederzeit unter völlig gleichen Bedingungen ganz gleichmäfsig zugeführt wurde, mehr als dieses bei irgend sonstigen Versuchen der Fall seyn kann, und die Resultate dürfen daher auf weit mehr Genauigkeit gerechte Ansprüche machen, als bei allen andern Anwendungen des für so höchst empfindlich geltenden Luftthermometers der Fall seyn kann. Der Einfluss der ungleichen Fluidität und der hieraus folgenden gröfseren oder geringeren Beweglichkeit der verschiedenen Gase läfst sich zwar auf keine Weise in Abrechnung stellen, allein dieser mufste sich in den ersten Minuten am auffallendsten zeigen, in den folgenden aber, wenn die Bewegung einmal begonnen hatte, minder hervortreten; er war auch in dieser Weise bei dem auffallend fluideren Wasserstoffgase wirklich kennbar, allein die Versuche zeigen selbst sehr augenfällig, dafs diese Ursache unmöglich die einzig wirksame sein konnte, denn sonst hätten sich bei weitem gröfsere Unterschiede zeigen müssen, und eben die völlige Gleichheit der gefundenen Gröfsen ist gerade dasjenige, was unter dieser Voraussetzung nicht erfolgen konnte. Endlich aber zeigen die durch Delaroche und Bérard erhaltenen, in der nachfolgenden Tabelle aufgezeichneten Bestimmungen der specifischen Wärmen mit denen verglichen, die durch Marcet und Dulong gefunden wurden, mit alleiniger Ausnahme des ölerzeugenden Gases, eine so genaue Uebereinstimmung, dafs die geringen Unterschiede leicht für Folgen von Beobachtungsfehlern theils bei der Bestimmung der specifischen Wärmen, theils bei

gitized by Google

der Ermittelung ihrer specifischen Gewichte gelten können, da die letzteren ohnehin nach den verschiedenen Autoritäten um Größen von einander abweichen, die allein hinreichen würden, die vorhandenen Unterschiede aus ihnen abzuleiten, was um so leichter statt finden kann, wenn beide Fehler auf eine Seite fallen und sich daher summiren.

401) Es scheint mir am geeignetsten, hier zunächst diejenige Darstellung des ganzen Problems nach ihren wesentlichen Elementen anzureihen, welche DULONG gewählt hat. Bekanntlich erfand LAPLACE[1] durch eine der glücklichsten Inspirationen, wie es hier heifst, die Hypothese, dafs man die wirkliche Geschwindigkeit des Schalles in der Luft und überhaupt in den expansibeln Flüssigkeiten erhalten werde, wenn man die nach NEWTON's Theorie durch Rechnung gefundene Geschwindigkeit mit der Quadratwurzel aus dem Verhältnifs der specifischen Wärme der Luft unter constantem Drucke zur specifischen Wärme derselben bei constantem Volumen multiplicire[2]. Wie man sich bemüht habe, aus den Versuchen von CLÉMENT und DÉSORMES[3], hauptsächlich aber von GAY-LUSSAC und WELTER[4] diesen Coefficienten aufzufinden, was PONY[5] und AVOGADRO[6] in Beziehung auf das Problem gethan haben, die Wärmemenge aufzufinden, welche durch Verdichtung des Volumens einer gegebenen Masse atmosphärischer Luft gebunden und durch Verminderung desselben erzeugt wird, davon war bereits oft die Rede[7], und es möge daher hier genügen, die Ansichten DULONG's über die specifische Wärme der Gase zunächst ins Auge zu fassen, welcher alle Apparate und jeden Grad der Genauigkeit bei anzustellenden Versuchen für ungenügend zur Beantwortung dieser Frage hält, und es daher für weit sicherer erachtet, die wirkliche Ge-

1 Ann. de Chim. et Phys. T. III. p. 238. Mécan. cél. T. V. p. 123.

2 Vergl. Art. *Schall.* Bd. VIII. S. 412.

3 Journ. de Phys. T. LXXXIX. p. 333.

4 Auf diese stützt sich insbesondere LAPLACE in Méc. cél. T. V. p. 125.

5 Philos. Magaz. New Ser. T. I. p. 449.

6 Memorie della reale Accademia delle Scienze di Torino. T. XXIII. p. 237.

7 S. oben: Erzeugung der Wärme durch Compression der Luft. Vergl. DALTON in Manch. Mem. T. V. p. 525.

schwindigkeit des Schalles in jeder elastischen Flüssigkeit zu bestimmen, um diese der Laplace'schen Theorie gemäfs mit der theoretisch gefundenen zu vergleichen. Dabei hält er es für einen erwiesenen Satz, dafs das Quadrat der Schallgeschwindigkeit in einem Gase, dividirt durch die nach Newton's Formel berechnete Schallgeschwindigkeit, dem Verhältnifs der beiden specifischen Wärmen gleich sey. Nach Laplace's Hypothese ist nämlich[1]

$$V^2 = g\frac{h}{D}\,(1+0{,}00375\,t)\times k,$$

also

$$k = \frac{V^2}{g\frac{h}{D}\,(1+0{,}00375\,t)},$$

worin V die wirkliche Schallgeschwindigkeit, h den Barometerstand, D die Dichtigkeit der Gasart gegen Quecksilber, g die Normalgeschwindigkeit fallender Körper in Folge der Schwere, t die Temperatur in Centesimalgraden bezeichnen und sonach k denjenigen Coefficienten, womit die theoretisch gefundene Geschwindigkeit multiplicirt werden mufs, um die wirkliche zu erhalten, welcher dann nichts anderes ist, als das Verhältnifs der specifischen Wärme dieser Gasart unter constantem Drucke zu der unter constantem Volumen. Für atmosphärische Luft ist die Geschwindigkeit der Schallfortpflanzung durch eine Menge Versuche mit hinlänglicher Genauigkeit aufgefunden, für sonstige Gasarten und für Dämpfe ist dieses aber nur durch indirecte Versuche möglich, und wenn dann auf gleiche Weise die Gröfse V auch für diese ermittelt ist, so läfst sich für sie gleichfalls der Werth von k aus der Formel entnehmen. Ueber die Bemühungen der verschiedenen Gelehrten, dieses Problem zu lösen, ohne dafs der erste unter ihnen, Chladni, und seine nächsten Nachfolger die Gröfse k hieraus zu bestimmen die Absicht hatten, ist bereits ausführlich gehandelt worden[2]; nicht minder sind die Versuche von Dulong, wodurch er den Factor k mit gröfster Schärfe zu ermitteln suchte, so wie die kaum überwindlichen Schwierigkeiten angegeben, welche mit dem von ihm gewählten Verfahren verbunden sind, und es bleibt daher nur noch übrig,

1 Vergl. Art. *Schall.* Bd. VIII. S. 404.
2 Ebend. S. 469.

Digitized by Google

Resultate mitzutheilen, zu denen er auf diesem Wege gelangte. Wird als richtig angenommen[1], dafs eine an beiden Enden offene Pfeife in der Mitte einen Schwingungsknoten beim Tönen erhält, mithin wegen der Gleichheit der Longitudinalschwingungen des erzeugten und des fortgepflanzten Tones die Zahl der einfachen Vibrationen gefunden wird, wenn man die halbe Länge der Pfeife in die Entfernung dividirt, wohin der Schall gelangt, beides für die Zeiteinheit einer Secunde genommen, und dafs sich daher die Weite der Fortpflanzung des Schalles aus der Menge der Vibrationen einer gegebenen Pfeife finden läfst, welche Menge der einfachen Vibrationen durch die Tonhöhe bestimmt ist, und dafs endlich der genannte Factor k für jede einzelne Gasart erforderlich ist, um die Weite der Fortpflanzung des Schalles in einer Secunde theoretisch zu bestimmen, so mufs sich auch der für jede Gasart erforderliche Werth von k oder das Verhältnifs der specifischen Wärme jeder Gasart unter gleichem Volumen zu der unter gleichem Drucke aus der ungleichen Tonhöhe einer und derselben Pfeife beim Einströmen verschiedener Gase in dieselbe finden lassen, vorausgesetzt, dafs die übrigen die Tonhöhe sowohl, als auch die damit verbundene Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles, bedingenden Gröfsen hinlänglich berücksichtigt sind. Da man alles dieses als genügend bewiesen betrachtet, auch keiner dieser Sätze der Theorie und zahlreichen Erfahrungen zu Folge durchaus keinem Zweifel unterliegt, mit alleiniger Ausnahme der auf die Gröfse k sich beziehenden Voraussetzung, die aber von Dulong als ein festbegründetes Axiom betrachtet wird, so folgt, wenn für eine und dieselbe Pfeife bei Anwendung verschiedener Gase die aus den Tonhöhen gefundenen Schwingungsmengen in einer Sexagesimalsecunde mittlerer Sonnenzeit durch n für atmosphärische Luft, durch n′ für irgend ein anderes Gas bezeichnet werden, wenn ferner p die Dichtigkeit der Gasart gegen die der Luft als Einheit genommen, t und t′ die Temperaturen der Luft und der verglichenen Gasart und endlich k und k′ die genannten Coefficienten für die eine und die andere bezeichnen, dafs folgende Proportion als richtig gelten müsse:

---

1 S. Art. *Schall*. Bd. VIII. S. 272.

$$n : n' = \sqrt{(1+0{,}00375\,t)}\,\sqrt{k} : \frac{\sqrt{(1+0{,}00375\,t')}\,\sqrt{k'}}{\sqrt{p}}.$$

Hierin sind alle Gröfsen bekannt, aufser k′ (denn der We von k wird durch Dulong aus den Resultaten der genau e mittelten Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in atmosph rischer Luft, nicht aber aus den zahlreichen, unter sich jed nicht genau übereinstimmenden Versuchen über die Aussch dung der Wärme durch Compression der Luft, entnomm welche insgesammt diese Gröfse zu gering geben), und läfst sich also der Werth von k′ für jede Gasart aus den a gestellten Versuchen finden. Ist aber letzterer bekannt, so wi den hieraus die in folgender Tabelle enthaltenen Bestimmun entnommen.

Gase	Werth von k′	Spec. Wärme bei constantem Volumen, die der Luft als Einheit genommen.	Spec. Wärme bei constantem Druck, die der Luft als Einheit genommen.	Spec. Wärme bei constantem Druck nach Delaroche und Bérard.	Temperaturerhöhung durch Compression von $\frac{1}{767}$ des ursprünglichen Volumens bei C. und unter 0,76 Druck
Luft	1,421	1,000	1,000	1,000	0°,42
Sauerstoffgas .	1,415 1,417 1,413	1,000	1,000	0,976	0,42
Wasserstoffgas	1,409 1,405	1,000	1,000	0,903	0,42
Kohlensäure .	1,337 1,340	1,249	1,175	1,258	0,33
Kohlenoxydgas	1,423 1,433	1,000	1,000	1,034	0,42
Stickstoffoxydg.	1,343	1,227	1,160	1,350	0,34
ölbildendes Gas	1,240	1,754	1,531	1,553	0,24

Dulong bemerkt, dafs hauptsächlich seine Bestimmung d specifischen Wärme des Wasserstoffgases von denen ande Experimentatoren abweiche, was sich jedoch nur auf diejenig Resultate beziehn kann, die durch ähnliche Versuche, als d seinigen, gefunden wurden, denn die durch Delaroche u

Digitized by Google

ARD erhaltene Gröfse weicht nur um 0,024 ab, und da nach LARIVE und MARCET die specifische Wärme aller Gase ich seyn soll, so ist gar kein Unterschied vorhanden. Dagen fand DULONG den durch ganz reines Wasserstoffgas erugten Ton fast zwei Octaven höher, als den durch atmosphäche Luft, CHLADNI dagegen erhielt nur eine Octave und die ine Terze oder gar nur eine Octave, und VAN REES zwar hr, aber immer noch $\frac{1}{9}$ zu wenig, in welchem Falle der ator k hätte negativ seyn, also durch die Schallwellen keine ärme hätte ausgepreſst, sondern vielmehr einige hätte verluckt werden müssen.

402) DULONG erläutert die Sache, die an sich nicht eitlich dunkel ist, ausführlicher, als wohl nöthig seyn dürfte, langt aber dadurch zu Resultaten, die im Grunde mit den rch DELARIVE und MARCET aufgefundenen übereinstimmen, gleich er diese anfangs in seiner Abhandlung als unzulässig rstellen scheint, und doch dürfte die von den letzteren lehrten angewandte Methode den Vorzug vor der durch Duo gewählten verdienen, deren Basis ebenso wenig, als die aus hervorgehenden Folgerungen mit anderweitigen erwiesen Thatsachen harmoniren, wie bereits an einem andern Orte[1] merkt worden ist. Nimmt man die Wärmemenge, welche erderlich ist, um eine Gasmasse, deren Volumen unveränderh bleibt, um 1° C. ihrer Temperatur zu erwärmen, als Einit an, so wird die Wärmemenge, welche nöthig ist, um selbe Masse, sobald sie sich unter ihrem anfänglichen Drucke bleibend frei ausdehnen kann, um 1° C. zu erwärmen, 1,421 agen und die Masse wird, wenn man von ihrem Volumen i 0° ausgeht, um 0,00375 zunehmen. Wird dann angenomen, dafs dieselbe Masse, nachdem sie diese Veränderung der emperatur und des Volumens erlitten hat, plötzlich ohne Wärmeverlust auf ihr früheres Volumen zurückgebracht würde, o müfste die sich dann einstellende Temperaturerhöhung blofs on der Wärmeportion herrühren, welche dieselbe Masse bei iner Ausdehnung von 0,00375 ohne anderweitigen Wärmeerlust absorbiren würde, und gilt dann die Wärmecapacität es ursprünglichen Volumens als Einheit, so ist der Ueberschufs von 0,421 das Mafs des thermometrischen Effectes,

1 S. Art. *Schall.* Bd. VIII. S. 424.

Digitized by Google

welcher in der Masse bei constantem Volumen durch
0,00375 betragende Verdichtung hervorgebracht wird. E
dieser Schlufs gilt auch für die übrigen einfachen elastisch
Flüssigkeiten, da die geringen Abweichungen sich leicht
Beobachtungsfehler betrachten lassen, und so folgt also,
sie bei gleicher Verdichtung gleiche Temperaturerhöhung gebe
Da aber erwiesen ist, dafs die einfachen Gase unter const
tem Drucke gleiche specifische Wärmen haben, so erklärt
dieses am einfachsten aus der Annahme, dafs die Gase
bei constantem Volumen eine gleiche specifische Wärme
sitzen, und dafs sie alle bei gleicher *Condensation* eine gle
absolute Wärmemenge entwickeln. Für die übrigen, nicht
fachen, gasigen Substanzen folgt aus den Versuchen, dafs
Verhältnifs der beiden specifischen Wärmen im Allgemei
desto kleiner wird, je gröfser die Wärmecapacität des Gase
welchem dieser Coefficient angehört, und diesemnach ist
Temperaturerhöhung, welche in verschiedenen Gasen durch
gleiche Condensation hervorgebracht wird, desto geringer,
gröfser die specifische Wärme ist. Hiernach findet bei
einfachen Gasen sowohl, als auch bei den zusammengesetz
das nämliche Verhalten statt, und wir gelangen sonach zu
genden, durch ihre Einfachheit merkwürdigen, Gesetzen: 1)
Gase, wenn man bei gleicher Temperatur und unter gleich

---

1 Dieser Satz ist es eben, welcher sich nicht wohl mit der
fahrung vereinigen läfst, denn es würde folgen, dafs ein Gas,
es durch eine Zusammendrückung um 0,00375 seines Volumens 0°
Wärme abgäbe, durch eine Zusammendrückung um 2 seines Volum
also um das Doppelte, nach der Proportion

$$0{,}00375 : 0{,}421 = 2 : x$$

nicht weniger als 224°,8 C. Wärme abgeben müfste. Allerdings
hier nur die Rede seyn von dem Verhältnifs der specifischen Wä
der Gase unter gleichem Drucke zu der unter gleichem Volumen
Gase, und ein gleiches Volumen ist mit der Compression unvertr
lich; allein dieses Argument würde nur die Begriffe verdunkeln,
im folgenden §. gezeigt werden soll, und aufserdem könnte man
einem gegebenen Volumen Luft ein anderes gleiches Volumen
gleicher Dichtigkeit pressen, Navier gelangt durch einen gelehr
Calcül, wobei er sich auf die Versuche von Clément und Désorm
so wie von Delaroche und Bérard stützt, zu dem Resultate,
durch $\frac{1}{116}$ Verminderung des Volumens 1° C. Wärme frei wird.
grofse Unterschied beider Bestimmungen ist nicht geeignet, Vertra
zu erwecken.

Digitized by Google

cke ein gleiches Volumen von ihnen nimmt und plötzlich einen gleichen Bruchwerth dieses Volumens zusammen-kt oder ausdehnt, entwickeln oder verschlucken eine glei- absolute Wärmemenge; 2) die Temperaturänderungen, die aus hervorgehn, verhalten sich umgekehrt wie die specifi-n Wärmen bei constantem Volumen.

403) So schätzbar die hier mitgetheilten Versuche auch l, und so sinnreich die gewählte Methode zur Bestimmung specifischen Wärmen verschiedener Gasarten auf den er- Blick auch scheinen mag, so kann dieselbe doch zu kei- genügenden Resultaten führen, weil von vorn herein zwei ge als nothwendig mit einander verbunden betrachtet wer-, dereh Abhängigkeit von einander erst eines genügenden weises aus der Erfahrung bedarf. Um sich hiervon zu über-gen, darf man nur den eigentlichen *Begriff der specifischen Wärme*, wie er nicht blofs in Beziehung auf gasförmige Flüs-keiten, sondern auch auf Körper von jedweder Aggregatform sgemäfs festgesetzt ist, und mit den allgemeinen Principien das Verhalten des Wärmestoffes an sich und in Bezie-ng auf die Molecüle der Körper im Einklang steht, genau

Auge fassen. Nehmen wir irgend einen Körper bei einer ürlichen Temperatur, so enthält derselbe eine gewisse ge Wärme; d. h. seine Molecüle, die der blofsen Attraction gend zur unmittelbaren Berührung unter sich gelangen wür-, werden durch die sie umgebenden Wärmesphären in ei-n gewissen Abstande von einander gehalten, welcher durch stabile Gleichgewicht zwischen der Anziehungskraft der lecüle unter sich und der Repulsion der Wärme bedingt ist. ser vorhandene Wärmestoff wirkt auf diese Weise repulsiv cht blofs gegen die Molecüle des gegebenen Körpers, son-n auch gegen die eines jeden, in seinen Bereich kommen-n, andern Körpers, und er wird daher, um dieses kurz aus-drücken, die Gröfse seiner Spannung auch durch die Grade nes seiner Wirkung ausgesetzten Thermometers kenntlich ma-en. Wird einem solchen Körper weitere Wärme zugeführt, muls die Repulsion wachsen, seine Molecüle werden sich eiter von einander entfernen und sein Volumen mufs sich rgröfsern; eine gleiche Wirkung auf das mit ihm verbundene hermometer ist hiermit unzertrennlich verbunden, und die Temperatur zeigt sich höher. Hieraus folgt nothwendig, dafs

Digitized by Google

ein und derselbe Körper, wenn er durch mechanische Gew
bei der erhaltenen Temperatur genau um soviel zusammeng
drückt würde, als er durch die Erhöhung seiner Wärme a
gedehnt ist, und er wieder zur ursprünglichen Temperatur z
rückkehrte, genau so viele Wärme abgeben müfste, als er z
Erzeugung der ihm gewordenen Volumensvermehrung auf
nommen hatte; dagegen folgt durchaus nicht, weder aus th
retischen Gründen, noch aus den bisherigen Erfahrungen, d
zu gleichen Volumensvermehrungen verschiedener Körper, w
bei ihre sensibele Wärme zugleich dieselben Grade des Th
mometers angiebt, auch gleiche Quantitäten Wärme erfor
werden. Theoretisch kann dieses nicht wohl statt finden,
fern die hierzu erforderliche Wärmemenge durch die An
hung der Molecüle der gegebenen Körper unter sich und ge
die Molecüle der Wärme bedingt wird, weswegen auch die Au
dehnungen der verschiedenen Körper so bedeutend ungleich w
Die für die verschiedenen Körper, unter der Voraussetzu
dafs sie ihren Aggregatzustand nicht ändern, erforderliche W
memenge, die sie bedürfen, damit ein ihrem Einflusse au
setztes Thermometer von einem gegebenen Stande zu ein
höheren Stande übergeht (welche Thermometerstände übri
bei allen gleich seyn müssen) und welche also erforderlich
um einen gleichen Zuwachs der in ihnen wirksamen sensib
Wärme zu erzeugen, heifst dann ihre *specifische Wärme*,
so fern die Eigenthümlichkeit der Körper, zur Erzeugung d
ser Veränderung ihres Zustandes mehr oder weniger Wärme
bedürfen, in ihnen selbst liegt, legen wir ihnen eine gröfs
oder geringere *Wärmecapacität* bei. Dieser Begriff ist durc
aus scharf und bestimmt, und läfst sich auf alle Körper v
den verschiedensten Bestandtheilen und bei ungleichem Aggr
gatzustande anwenden; es folgen aber aus der Natur der S
che einige Bedingungen, welche keineswegs übersehn werd
dürfen.

Zuvörderst ist eine Vergröfserung des Volumens unu
gänglich nothwendige Bedingung, sobald man die specifis
Wärmecapacität zu ermitteln strebt; es kann von dieser nic
die Rede seyn, wenn nicht Wärme hinzukommt und also d
bestehende Volumen vermehrt wird, wobei wir das Entgeg
gesetzte, nämlich Verminderung der Temperatur, ganz unb
rücksichtigt lassen können, weil die hieraus hervorgehende

sultate die nämlichen, wenn auch die umgekehrten sind.
ht man aber von einer gegebenen Temperatur = t aus, und
einer andern = t′ über, wird hierzu eine gewisse Wärme-
nge = (t′ — t) x erfordert, die wir einmal als bekannt und
a annehmen wollen, geht man weiter von der Temperatur
t′ zu einer andern = t″ über, so dafs (t′ — t) = (t″ — t′) ist,
mufs nothwendig hierzu eine gewisse Wärmemenge = (t″ — t′) x′
ordert werden, und dann fragt sich, ob x′ = x also = a oder
a ± Δa seyn wird. Nach theoretischen Gründen ist die
chheit beider Werthe höchst unwahrscheinlich, so wie nicht
der die Annahme, dafs x′ = a — Δa seyn sollte; denn
n durch Vermehrung der Wärme das Volumen eines Kör-
s wächst, mithin seine Molecüle weiter von einander ge-
ben werden, und sich die Masse der Wärme zwischen ih-
n anhäuft, so wird diese, wenn sie auch einen gleichen
sibeln Effect auf das Thermometer ausübt, nicht in glei-
r, sondern in verhältnifsmäfsig vermehrter Masse vorhanden
n müssen, und hiernach müfste x′ = a + Δa seyn, was
h mit der Erfahrung übereinstimmt, wie sich später zeigen
d. Wie grofs der absolute Werth dieses Unterschiedes sey,
schwer zu ermitteln, da es schon eine schwierige Aufgabe
aufzufinden, ob überall ein Unterschied statt findet; noch
ßer aber darf man hoffen, das Gesetz der Zunahme dieser
mehrungen mit steigenden Temperaturen genau zu ermitteln.
ses wäre insofern minder wesentlich, als sich aus den Re-
ten der Versuche ergiebt, dafs der absolute Werth dieser
fse nur sehr klein ist. Wie dieses aber auch seyn mag, so
t doch hieraus hervor, dafs die für einen gewissen Tempe-
unterschied t′ — t gefundene specifische Wärmecapacität mit
ntlicher Schärfe weder zu t noch zu t′, sondern, und auch
ses nur annähernd, zu $\frac{t' + t}{2}$ gehört. So wie man also das
cifische Gewicht eines Körpers auf 0° seiner Temperatur re-
irt, müfste auch die specifische Wärme auf eine bestimmte
mperatur reducirt werden, wozu aber bis jetzt noch meistens
genauen Bestimmungen fehlen.

404) Berücksichtigen wir, statt wie bisher alle Körper von
illkürlicher Aggregatform, speciell die gasförmigen Substan-
n, so mufs auf sie das als allgemein gültig Behauptete gleich-
lls Anwendung leiden, allein es kommt dann bei ihnen der

hohe Grad der Ausdehnung in Betrachtung, welchen sie durch die Erhöhung der Temperatur erleiden, da sie sich hierdurch im Mittel etwa 100mal stärker, als die meisten starren Körper und ungefähr 8mal stärker, als Wasser ausdehnen. Wenn also die Ausdehnung der festen Körper nach theoretischen Ansichten einen Einfluſs auf ihre Wärmecapacität haben muſs, und auch die Erfahrung ergiebt, daſs diese mit zunehmender Temperatur wächst, so muſs dieser Einfluſs bei gasförmigen Körpern noch gröſser seyn, und derselbe verdient daher hier vorzugsweise berücksichtigt zu werden; inzwischen sind mir keine Versuche bekannt, welche hierüber genügende Auskunft zu geben vermöchten. Nach der Analogie der festen und tropfbar flüssigen Körper zu schlieſsen, müſste man vermuthen, daſs die specifische Wärme auch bei den Gasen mit der Zunahme der Temperatur wachse; wir werden aber später sehen, daſs dieser Einfluſs beim Wasser ungleich kleiner ist, als bei festen Körpern, und wenn wir annehmen, daſs derselbe der Gröſse der Ausdehnung umgekehrt proportional sey, so könnte er bei den Gasen schon negativ werden, und deren specifische Wärmecapacität bei höherer Wärme sogar geringer seyn, dürfte die durch Delaroche und Bérard einerseits, und die durch Delarive und Marcet andererseits erhaltenen Bestimmungen als völlig genau gelten, so könnten sie zum Beweise dieses Satzes dienen, denn die mittlere Temperatur der untersuchten Gase war bei den Ersteren eine beträchtlich höhere, als bei den Letzteren, und dennoch fanden jene im Ganzen die specifischen Wärmen der nämlichen Gase geringer, als diese, deren Untersuchungen bei weit geringeren Temperaturen angestellt wurden. Bei festen Körpern ist übrigens die mit wachsender Temperatur zunehmende Wärmecapacität so bedeutend, wie wir bald sehen werden, daſs der Unterschied allerdings Beachtung verdient, bei den Gasen aber scheint letzterer so gering zu seyn, daſs man ihn vorläufig füglich vernachlässigen darf; auf jeden Fall kann aber dieser Umstand der Bestimmung der specifischen Wärmecapacität der Körper überhaupt nicht im Wege stehen.

405) Eine zweite Eigenthümlichkeit der Gase, die sich bei tropfbaren Flüssigkeiten und festen Körpern gar nicht findet, auf die Bestimmung der specifischen Wärmen aber nothwendig einen bedeutenden Einfluſs ausüben muſs, ist eben ihre Expansion, wodurch die Gröſse der zu den jedesmaligen Versuchen

erwandten Masse ausnehmend bedingt wird. Inzwischen sind ie hierüber bestehenden Gesetze mit so grofser Genauigkeit st begründet, dafs die hieraus entnommenen Correctionen dem edürfnifs vollkommen Genüge leisten, und man daher jeder- eit mit gröfster Schärfe die zu den Versuchen verwandten lassen zu bestimmen vermag. Handelt es sich daher um die ufgabe, die specifische Wärme der Gase aufzufinden, so kann e Bestimmung der zu den Versuchen verwandten Massen urchaus keine Schwierigkeiten machen, von der andern Seite trachtet gestaltet sich aber die Aufgabe ganz anders, und wird gleich verwickelter.

Nach dem so eben aufgestellten Satze wird jede Gasart, enn man sie um einen aliquoten Theil ihres Volumens zu- mmendrückt, gerade so viel Wärme hergeben, als sie auf- hmen müfste, um aus dem durch Compression erhaltenen olumen bei ungeändertem Drucke und gleichbleibender Tem- ratur wieder zum ursprünglichen Volumen zurückzukehren. ie hierdurch erzeugte oder absorbirte Wärme hat aber, genau nommen, mit ihrer specifischen Wärmecapacität nichts ge- ein, mindestens darf sie mit dieser nicht als identisch be- chtet werden, vielmehr gehört sie zur Classe der durch mpression frei gewordenen Wärme. Allerdings ist, wie so en gleichfalls gezeigt wurde, bei der Untersuchung der spe- fischen Wärme unter constantem Drucke eine Vergröfserung s Volumens unvermeidlich, weil keine Versuche ohne den ebergang der Gase von einer Temperatur zu einer andern ausführbar sind, und hiermit eine Veränderung des Volumens othwendig verbunden ist, wenn die Bedingung des gleich- leibenden Druckes verlangt wird; allein eben diese Verände- ung des Volumens findet auch bei tropfbar flüssigen und star- en Körpern, wenn gleich in einem weit geringeren Grade tatt. So wenig es aber geeignet seyn würde, die specifische Wärme eines festen Körpers, z. B. des Kupfers, aus der Quan- tität Wärme zu bestimmen, welche durch Compression desse- en um einen aliquoten Theil seines Volumens frei wird, eben- o wenig kann dieses auch bei den Gasen geschehn[1]. Wird

1 Auf ein hiermit allerdings zusammenhängendes Verhalten der Gase lege ich gar kein Gewicht, und ziehe dasselbe daher nicht in den Bereich der vorliegenden Untersuchung. Bekanntlich werden, wo nicht gewifs, doch muthmafslich alle Gase durch Entziehung der

dieses aber zugegeben, so kommt man offenbar in einen Widerspruch mit den so eben aufgestellten Sätzen; denn wenn diejenige Wärme die specifische einer Gasart heifst, welche erforderlich ist, dieselbe von einer gewissen Temperatur = t bis zu einer höheren = t′ zu erwärmen, wobei dann zugleich ihr Volumen v in ein anderes = v′ übergeht, gleichbleibenden äufseren Druck vorausgesetzt, so scheint es auf den ersten Blick als sey dieselbe identisch mit derjenigen, welche aus dem Gase ausgepreſst wird, wenn man dasselbe wieder bis zu seinem anfänglichen Volumen V zusammenpreſst und zur anfänglichen Temperatur = t zurückbringt. Eine nähere Betrachtung zeigt aber bald den wesentlichen Unterschied zwischen beiden. Ist von *specifischer Wärme* der Gase die Rede, so muſs nach der Analogie mit allen übrigen Körpern diejenige darunter verstanden werden, welche erfordert wird, dasselbe von der Temperatur t auf die Temperatur t′ zu bringen, wobei dann die gleichzeitige Ausdehnung des Gases nur etwas Hinzukommendes ist, was bei allen andern Körpern gleichfalls, aber in einem geringeren Grade, statt findet. Wird dagegen ein Gas zusammengedrückt, so geht es von der Temperatur t zur Temperatur t′ über, und die hierdurch frei werdende Wärme müſste eigentlich zunächst *Wärme durch Compression* genannt werden, man hat aber beide Arten von Wärme neuerdings *specifische Wärme unter constantem Drucke* und *specifische Wärme unter constantem Volum* genannt.

Um beide besser mit einander zu vergleichen, wollen wir

Wärme und durch Compression tropfbar flüssig, und ändern daher ihren Aggregatzustand. Ebenso wenig, als dieses, wird aber gleichfalls bestritten, dafs dieselben Körper in ihren verschiedenen Aggregatzuständen auch verschiedene specifische Wärmecapacitäten haben, mindestens ändern sich die letzteren sehr bedeutend beim Uebergange aus dem einen in den andern, und sind auf jeden Fall während dieses Ueberganges nicht meſsbar. Man könnte daher annehmen, dafs die Gase sich in Folge jeder Compression und Wärmeentziehung in diesem Uebergange befänden, mithin keine Untersuchung ihrer specifischen Wärme gestatteten; allein die geringe, bei den Versuchen dieser Art vorkommende Abkühlung oder Compression kann um so weniger in Betrachtung gezogen werden, als die Veränderung der Aggregatform durch starken Druck und sehr intensive Kälte plötzlich erfolgt.

Digitized by Google

nehmen, es sey $t' = t + \alpha$, wobei t jede willkürliche Tem-
ratur bezeichnen kann. Wird bei gleichbleibendem Drucke
: Temperatur des Gases um α erhöhet, so verwandelt sich
; Volumen V in V' oder in $V + \omega$, und dem Gase mufs
ıer α Temperatur zugeführt werden, wenn eine Volumens-
mehrung von ω erzeugt werden soll. Nimmt man dagegen
Volumen Gas $= V$ bei der Temperatur t, und bringt man
durch Compression auf ein Volumen $V'' = V - \omega'$, so wird
ıe Temperatur von t zu $t + \alpha'$ übergehn. Berücksichtigen
: hierbei blofs die Unterschiede der Temperaturen, sofern im
ten Falle α zugeführt, im zweiten α' frei wird, in beiden
len aber diese Ueberschüsse in der als gleich angenomme-
: und unveränderten Masse des Gases vorhanden sind, so
;t sich, wie beide sich zu einander verhalten, und dieses
thältnifs wäre dann das, was man durch specifische Wärme
ler constantem Drucke und unter constantem Volumen ver-
it. Als genügend erwiesen darf gelten, dafs für $\alpha = 1$ die
lfse $\omega = 0{,}00375$ wird, oder dafs jede Gasart sich durch
öhung ihrer Temperatur um $\frac{1}{267}$ seines Volumens ausdehnt,
leich aber sagt Dulong ausdrücklich, dafs durch die Com-
ssion jeder Gasart um $\frac{1}{267}$ ihres Volumens 1° C. frei werde,
hiernach müfsten bei gleich seyn, es könnte also kein an-
s Verhältnifs zwischen der specifischen Wärme unter glei-
m Drucke und unter gleichem Volumen, als das der Gleich-
: statt finden; allein so gewifs der erste Satz durch Er-
ung begründet ist[1], ebenso wenig stimmt der letzte mit
darüber angestellten Versuchen überein[2], theoretisch be-
htet würde derselbe aber zu Folgerungen führen, die sich
it wohl mit unbestreitbaren Thatsachen vereinigen lassen.
ken wir uns ein gewisses Volumen Gas $= V$ von gegebe-
Masse, welchem zu seiner Temperatur $= t$ noch Wärme
zugeführt wird, so dafs hiernach sein Volumen um die Gröfse
wächst, so mufs die Temperatur desselben $= t + \alpha$ bleiben,
n bei fortdauernd gleichem Drucke das Volumen $= V + \omega$
ben soll. Wird dann dieses Volumen $= V + \omega$ so weit

---

1 Es ist aufserwesentlich, die ältere Bestimmung von 0,00375 die Ausdehnung der Gase durch 1° C. statt der neuesten richtigern beibehalten.

2 Vergl. Art. *Erde*. Bd. III. S. 1008.

Digitized by Google

zusammengedrückt, dafs es wieder zum früheren V übergeht, so steigt die Temperatur von $t + \alpha$ zu der höheren $t + \alpha + \alpha'$, und α' wird frei, die Elasticität des Gases (oder der Druck desselben) geht aber nicht zu derjenigen zurück, welche es vor seiner Ausdehnung durch Wärme besafs und welche der Temperatur t zugehörte, sondern zu derjenigen, welche der Temperatur $t + \alpha$ gehört, als welche ihm auch nach der Zusammendrückung und nach dem Abgeben von α' bleibt; es nachdem es dann noch α abgegeben hat, wird es unter unverändertem Volumen seine ursprüngliche Elasticität wieder erhalten. Hieraus folgt aber keineswegs, dafs $\alpha = \alpha'$ seyn soll, und ebenso wenig ist die Folgerung begründet, dafs durch Zusammendrückung eines Gases um einen aliquoten Theil seines Volumens gerade so viel Wärme frei werden sollte, als erforderlich ist, dasselbe bei unverändertem Drucke um einen gleichen aliquoten Theil auszudehnen; denn der physische Zustand desselben ist in beiden Fällen verschieden, sofern es im ersteren eine gröfsere Dichtigkeit hat als im letzteren, und jenem seine Molecüle einander näher gebracht sind als in diesem. Es könnte dieses nur dann statt finden, wenn die einer gegebenen Masse eines Gases zugehörige Wärmemenge von der Zahl seiner Molecüle unabhängig wäre, und blofs dem eingenommenen Raume zugehörte, in welchem Falle die durch Verminderung dieses Raumes frei gewordene Wärme genau so viel betragen müfste, als die zum Erfüllen eines vergröfserten Raumes erforderliche. Läfst sich gleich nicht beweisen, dafs ein solches Verhalten unstatthaft sey, so folgt seine Wirklichkeit doch keineswegs von selbst, und es mufs daher die specifische Wärme der Gase, d. h. diejenige Menge, welche erforderlich ist, um eine gegebene Masse von einer Temperatur t auf eine andere $t + \alpha$ zu bringen, ebenso wohl als diejenige, welche dadurch frei wird, dafs man dieselbe Masse von dem Volumen V auf das kleinere $v - \omega$ zurückbringt, durch Versuche ausgemittelt werden, wozu sich jedoch die durch Dulong angestellten nicht eignen, weil sie auf noch unerwiesenen Sätzen beruhn. Mit Recht wendet aufserdem Suerman[1] gegen dieselben ein, dafs die Gleichheit der specifischen Wärme bei verschiedenen elastischen Flüssigkeiten aus ihnen nicht

1 Dissert. de calore fluidorum elast. specifico. p. 63.

weil die drei Versuche mit Sauerstoffgas und die zwei mit Wasserstoffgas angestellten nach derselben Seite hin abweichen; ufserdem aber sey die Aehnlichkeit der specifischen Wärmen, wie sie DULONG aus seinen Versuchen berechne und aus denen on DELAROCHE und BÉRARD ableite, keineswegs so grofs, als die von jenem daraus entnommenen Folgerungen als ge-ügend begründet erscheinen könnten.

406) Uebergehn wir demnach die Bemühungen der Ge-hrten, welche darauf gerichtet sind, die durch Compression r Gase frei werdende Wärme aufzufinden[1], und betrachten ir nur diejenigen, welche geeignet sind, die specifische Wär-e derselben der Feststellung dieses Begriffes gemäfs anzuge-n, so verdienen zunächst die von JAMES APJOHN erwähnt zu rden. Die Resultate seiner ersten Versuche machte er in der rsammlung der brittischen Naturforscher im Jahre 1835 be-nnt[2], und äufserte dabei, dafs die von ihm angewandte Me-de eine neue, von ihm erfundene sey, gegründet auf die rch Verdunstung entstandene Kälte. Die Formel, deren er sich ente, um aus den durch Versuche gefundenen Gröfsen die cifische Wärme der Gase zu ermitteln, ist folgende:

$$f' = f - \frac{48\,a\,d}{e} \times \frac{p}{30},$$

raus

$$a = \frac{(f - f'')\,e}{48\,d} \times \frac{30}{p}$$

unden wird, wenn f'' die Elasticität des Wasserdampfes m Thaupuncte; f' seine Elasticität bei der Temperatur t', lche das benetzte Thermometer angiebt; d den Unterschied er Temperatur und der Temperatur der Luft $= t$; e die sticitätswärme des Wasserdampfes bei seiner durch f' aus-drückten Spannung; a endlich die specifische Wärme der zu n Versuchen genommenen Gasart bezeichnet. Diese Formel,

---

1 Der Vollständigkeit wegen erwähne ich H. MEIKLE in Edin-gh New Phil. Journ. N. IV. p. 328. Vergl. N. II. p. 332. Uebri-s vergl. Art. *Erde*. Bd. III. S. 1008.

2 Official report of the Proceedings cet. at the Dublin Meeting. g. 1835, daraus in Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XLI. p. 385. Institut 1835. p. 413. Ann. des Mines T. IX. Liv. II. p. 275.

Digitized by Google

welche nach Suerman[1] mit der von Gay-Lussac[2] gewählten nahe übereinstimmt, wird durch Poggendorff[3] für unrichtig erklärt, indem vielmehr die von Gay-Lussac aufgestellte die richtige sey, wonach

$$\varphi(t').\delta\lambda = \Delta x\,[p - \varphi(t')]\,(t - t')$$

ist, worin p den Barometerstand; t die Temperatur des trocknen Gases; t' die Temperatur des mit Wasserdampf gesättigten; $\varphi(t')$ die Spannkraft des Wasserdampfes bei der Temperatur t'; δ dessen specifisches Gewicht gegen das der Luft = 1; λ die latente Wärme desselben; x die gesuchte specifische Wärme des Gases unter constantem Druck gegen die eines gleich grofsen Gewichts Wasser als Einheit angenommen bezeichnet. Hierzu kommt aber noch, dafs Δ, d. h. das specifische Gewicht des Gases, ebenso wie das der atmosphärischen Luft, in jener oberen Formel gleich Eins gesetzt ist. Auch Hudson[4] hat sich gegen die von Arjohn angewandte Formel, hauptsächlich aber in Hinsicht der gewählten numerischen Gröfsenbestimmungen erklärt, inzwischen scheint es uns geeignet, sowohl diese Discussion, als auch die Beschreibung seines zuerst angewandten Apparates und der damit erhaltenen Resultate zu übergehn, um so mehr, als er selbst beide für unvollkommen erklärt. Arjohn[5] wurde aber später mit den Leistungen anderer Gelehrten, namentlich den gleich zu erwähnenden von Suerman bekannt, prüfte seine Formel abermals, und stellte eine neue Reihe von Versuchen an, hauptsächlich deswegen, weil er die von ihm für Wasserstoffgas gefundene Bestimmung nicht wohl mit der durch Delaroche und Bérard erhaltenen vereinigen konnte und die Abweichung gröfser fand, als dafs sie eine Folge der begangenen Fehler seyn konnte.

Der erste Apparat, dessen sich Arjohn bediente, bestand blofs aus einer in Form eines U gekrümmten, etwas weiten Glasröhre, welche unten mit Schwefelsäure gefüllt war, dann

---

1 Poggendorff's Ann. XXXI. 476.
2 Ann. de Chim. et Phys. T. XXI. p. 82.
3 Dessen Ann. T. XXXIX. p. 521. Vergl. §. 465. Anm.
4 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XLIV. p. 21.
5 Report of the Sixth meeting of the Brit. As. Lond. 1837. p. 33. London and Edinb. Phil. Mag. N. LXXXII. p. 261. LXXXIII. p. 339.

Digitized by Google

s durch diese getriebene Gas völlig trocken würde. An dem tgegengesetzten Schenkel von dem, in welchen das Gas ein- it, war eine horizontale Glasröhre befestigt, durch welche s austretende Gas strömte. In diesem befand sich ein Ther- ometer, um die Temperatur des ausgetrockneten Gases zu ssen, ehe es mit einem zweiten, gleichfalls in dieser Röhre findlichen, mit benetztem Musseline überzogenen Thermo- ter in Berührung kam, und die Wärme, welche beide zeig- , gaben dann die Elemente zur Berechnung. Sein später rauchter Apparat dagegen bestand aus zwei kupfernen Ga- Fig. netern A und B, mit Vitriolöl statt Wasser gefüllt, worein 64. ei Glasglocken C und D gesenkt wurden. Sie standen auf em Tische etwa 3 Fufs von einander, und hatten jedes ei- n Hahn m und n, an welchen an dem einen eine weitere, dem andern eine engere Glasröhre mittelst Federharz fest- en, deren andere Enden luftdicht eingeschmirgelt waren, so s sie schliefsend in einander gesteckt wurden. In der wei- en Glasröhre befand sich das trockene Thermometer t, in engeren das benetzte t′; ein Gehülfe drückte die durch Vi- löl gesperrte und die über der Säure ausgetrocknete Luft haltende Glocke nieder, so dafs die Luft durch die Röhren mte, während der Beobachter mittelst einer Linse den Stand Thermometer ablas und aufzeichnete, sobald das benetzte ige Secunden stationär geworden war. Zur Erleichterung ser Operation war an die messingnen Fassungen E und F Glocken ein Seil geknüpft, welches über die Rollen G und lief, und so gespannt war, dafs die eine Glocke den Boden Gasometers erreichte, wenn die andere mit ihrem unteren nde die obere Fläche der Schwefelsäure berührte. Es be- fte dann nur noch, dafs der Stand des Barometers abgelesen rde, um die erforderlichen Gröfsen für die angegebene rmel

$$a = (f - f') \frac{e}{48\,d} \times \frac{p}{30}$$

erhalten. Waren die Versuche mit andern Gasen angestellt, wurden diese genau analysirt, und fanden sich in denselben Procente atmosphärische Luft, so wurde eine Correction an- bracht nach der Formel

$$a' = a + \frac{(a - e)\,n}{100 - n},$$

worin e = 0,267 die specifische Wärme der atmosphärischen Luft und a′ die corrigirte specifische Wärme des untersuchten Gases bezeichnet. Arjohn hat die von ihm gefundenen specifischen Wärmen mit den durch Delaroche und Bérard desgleichen durch Dulong erhaltenen zur besseren Vergleichung in folgender Tabelle neben einander gestellt.

Gase	Arjohn	Delaroche u. Bérard	Dulong
atmosphärische Luft	1,000	1,000	1,000
Stickstoffgas . . .	1,048	1,006	1,000
Sauerstoffgas . . .	0,808	0,976	1,000
Wasserstoffgas . .	1,459	0,900	1,300
Kohlensäure . . .	1,195	1,258	1,172
Kohlenoxydgas . .	0,996	1,034	1,000
Stickstoffoxydul .	1,193	1,350	1,159

Aus diesen Resultaten folgert er erstlich dafs das von Hi
craft, Marcet und Delarive und andern gefundene
setz, wonach die einfachen Gase unter gleichem Drucke gle
specifische Wärme haben sollen, falsch sey; zweitens dafs D
long's Gesetz, wonach die einfachen Gase bei constantem V
lumen dieselbe specifische Wärme haben sollen, für Was
stoffgas nicht gelten könne, und drittens dafs das einfache V
hältnifs zwischen den specifischen Wärmen und den Atom
wichten (§. 426 ff.) nicht statt finden könne. Prüft man
diese Versuche genauer, namentlich in Beziehung auf den E
flufs der Gefäfse, die unvermeidlich ungleiche Zusamm
drückung der Gase u. s. w., und berücksichtigt man ferner
geringe, zu den Versuchen jederzeit genommene Quantität
die gesammte Einrichtung der Versuche, so kann man ni
umhin zu gestehen, dafs dieselben den bereits beschriebe
nicht gleich kommen, und die erhaltenen Resultate deswe
kein unbedingtes Vertrauen erwecken können.

407) Gleichzeitig mit Arjohn und auch später, nach
ihm die Versuche des Letzteren schon bekannt geworden
ren, stellte auch Suerman[1] wiederholte schätzbare Versu

1 Dissertatio physica inauguralis de calore fluidorum elastico

Digitized by Google

ach der nämlichen Methode an. Der Apparat, dessen er sich
zu bediente[1], bestand aus zwei Gasometern, deren jeder 38
iter faſste. Um das Gas aus diesen gleichmäſsig ausströmen
u machen, bediente er sich der bekannten Vorrichtung, in
leichen Zeiten eine gleiche Menge Wassers in sie flieſsen zu
ssen, wodurch die Luft aus ihnen gleichfalls in einem stets
leichmäſsigen Strome ausgetrieben wurde[2]. Beide Gasometer
aren gleich groſs, und diesemnach war die Einrichtung so
etroffen, daſs das aus dem einen in das andere übergeführte
as in den ersten wieder zurücktrat, und auf diese Weise zu
ehreren wiederholten Versuchen diente. Um zu verhüten,
aſs das Gas vom Sperrwasser absorbirt werde, weswegen Dr-
ARoche und Bérard dasselbe in Thierblasen oder Kaut-
chuck-Schläuchen eingeschlossen hatten, enthielten die Re-
rvoire statt gemeinen Wassers eine concentrirte Lösung von
ochsalz, welches das Absorptionsvermögen bedeutend vermin-
ert. So fand sich dann auch, daſs Sauerstoffgas, Wasserstoff-
as, Kohlenoxydgas und selbst Stickstoffoxydulgas nach mehr-
aligem Durchleiten nur eine geringe Spur von atmosphäri-
cher Luft aufgenommen hatten. Trockenheit der Gase ist bei
ieser Art zu experimentiren weit mehr erforderlich als bei
llen andern. Um hierüber versichert zu seyn, ging der Gas-
rom nach seinem Austritt aus dem Gasometer zuerst auf den
oden einer groſsen Woulff'schen Flasche herab, die mit
chwefelsäure gefüllt war, worin zur Vergröſserung der Ober-
äche und um das Gas mehr zu vertheilen, Glasstücke lagen,
nn durch einen 90 Decim. langen, 73 Millim. weiten, mit
alorcalcium gefüllten gläsernen Cylinder. Auf diese Weise
ollkommen ausgetrocknet wurde es in eine gekrümmte Weiſs-

---

pecifico cet. scrips. Alex. Can. Guil. Suerman. Traj. ad Rhen. 1836. gr. 4. Ein gedrängter Auszug in Poggendorff's Ann. XLI. 474. Ann. de Chim. et Phys. T. LXIII. p. 315.

1 Eine ausführliche, durch Figuren erläuterte Beschreibung desselben findet man in der angegebenen Dissertation; sie erfordert aber, um verstanden zu werden, zu viele Zeichnungen und eine zu specielle Angabe aller einzelnen Theile, als daſs ich ihre Aufnahme für angemessen halten könnte.

2 Das Princip dieser Art Vorrichtungen findet sich in Art. *Aerostatik*. Bd. I. S. 259. und Art. *Gasometer*. Bd. IV. S. 1129. Vergl. Pouillet Éléments de Physique 3me éd. T. I. p. 195 ff.

Digitized by Google

blechröhre geleitet, deren beide aufstehende Schenkel feine Thermometer von Greiner enthielten, die das Ablesen von $\frac{1}{10}$ Cent. Graden gestatteten. Beider Kugeln konnten nach ihrer Stellung nicht auf einander einwirken; das erste Thermometer diente aber dazu, die Temperatur des aus dem Trockenapparate austretenden Gases zu bestimmen; das zweite, welches die durch Verdunstung erzeugte Kälte angab, und dessen Kugel daher mit Battist umhüllt war, konnte mittelst einer Schraube nach Belieben herausgenommen werden, um die Kugel von Zeit zu Zeit zu befeuchten. Während des Oeffnens dieser Schraube ward der Druck etwas verstärkt und dadurch verhütet, daß keine fremde Luft eindrang, indem vielmehr von dem zum Versuche dienenden Gase eine Kleinigkeit entwich. Zwischen beiden Thermometern befand sich ein Manometer, um den Druck des strömenden Gases zu messen. Hauptsächlich ward erfordert, den Stand des befeuchteten Thermometers, wobei es stationär wurde, genau zu erhalten. Zu diesem Ende diente die bekannte Methode des Schwankens über und unter dem gesuchten Mittel, deren sich auch Delaroche und Bérard bedient hatten. Das befeuchtete Thermometer wurde etwas unter die gesuchte Temperatur erkaltet, und nach dem Einbringen desselben die Zunahme der Temperatur bis nahe zum Punkte seiner stationären Wärme beobachtet, durch momentanes Schliefsen des Hahns und kurze Unterbrechung des Gasstromes nahm das Thermometer Wärme von aufsen auf, überschritt um eine Kleinigkeit das gesuchte Mittel, und nach dem Wiederöffnen des Hahns gaben die Beobachtungen in gleichen Zeitintervallen als vorher beim Steigen desselben eine absteigende Reihe; der Mittelwerth aus den Endtemperaturen beider Reihen aber gab dann die gesuchte Temperatur genau. Weil aber gewöhnlich eine vollkommene Coincidenz statt fand, so genügten meistens einige Beobachtungen in absteigender und dann einige in aufsteigender Reihe, aus denen das Mittel als die richtige gesuchte Gröfse galt.

Es ergab sich bei den ersten Versuchen ein bedeutender Unterschied zwischen der beobachteten und der nach Gay-Lussac's Theorie berechneten Verdunstungskälte, indem die Erfahrung stets hinter der Theorie zurückblieb. Beide Gröfsen kamen sich indefs stets um so näher, je rascher die Gasart strömte, und daher argumentirte Suerman mit Recht, dafs die

Digitized by Google

ge des gebildeten Dampfes mit der Geschwindigkeit des
tromes wächst, und hieraus also keine Einwirkung auf die
näre Temperatur hervorgehn kann, indem die einerseits
birte und andererseits zugeführte Wärme stets das nämli-
Verhältnifs beibehalten; der Unterschied zwischen Theorie
Erfahrung kann also keine andere Ursache haben als die
enetzte Thermometer umgebende Hülle, welche verhält-
äfsig so viel mehr Wärme durch Strahlung zusendet, je
r der Procefs dauert, deren Einflufs daher, sofern er blofs
dem Unterschiede der Temperaturen des Thermometers
der Hülle abhängt, um so geringer wird, je schneller das
zuströmt und Dampfbildung statt findet. Diesen Einflufs
Hülle zu bestimmen und zu corrigiren würde bei einem so
licirten Processe vergebens seyn[1], und es blieb daher kein
l übrig, ihn unschädlich zu machen, als die Schnelligkeit
Gasstromes zu verstärken. Um dieses zu bewerkstelligen,
e das Reservoir des einfliefsenden Wassers in einen obe-
Stock gebracht, um dadurch den Wasserdruck zu verstär-
von der andern Seite aber wurde der Schenkel des He-
durch welchen das Wasser aus dem andern Gasometer
ls, proportional verlängert, um durch schnelleres Abfliefsen
Saugkraft zu erzeugen und einen stärkeren Druck des
s zu vermeiden. Auf diese Weise liefs sich erreichen,
das zwischen beiden Thermometern befindliche Manometer
end der Dauer der Beobachtung nicht schwankte, und
um so weniger, je vollständiger zufällige Unterschiede
Druckes sich mittelst des zwischen dem Reservoir und dem
meter befindlichen Hahns reguliren liefsen. Beiläufig möge
rkt werden, dafs die hierdurch erreichte Geschwindigkeit
Strömens 50 Liter Gas binnen 10 Minuten betrug.

Die zu den Versuchen verwandten Gase wurden mit der
derlichen Sorgfalt durch einen geübten Chemiker VAN. STET-
bereitet; um aber die Röhren und Trockenapparate mit
n zu füllen, diente das Hülfsmittel, sie mehrmals mit dem
derlichen Gase gefüllt auszupumpen, damit die beim Exant-

---

1 Die Gröfse der Strahlung im luftleeren Raume und auch in
r ruhenden Luftmasse ist zwar genügend bekannt, vergl. oben
dlung, allein nicht unter der Bedingung einer statt findenden
mung und obendrein bei vorhandener Dampfbildung.

Digitized by Google

liren zurückbleibenden geringen Antheile atmosphärischer Luft bis auf einen nicht in Betrachtung kommenden Rest verschwanden. Aus den gefundenen Gröfsen wurde die Wärmecapacität der Gase nach folgender Formel berechnet:

$$c = \frac{5\,e'\,(650 - t')}{8\,\varrho\,(t - t')\,(p - e')},$$

worin c die specifische Wärmecapacität der Gase unter constantem Drucke, t die Temperatur des trocknen und t′ die des befeuchteten Thermometers, p den Luftdruck, e′ die Elasticität des Wasserdampfes im Zustande seiner gröfsten Dichtigkeit bei der Temperatur t′, ϱ endlich das specifische Gewicht des Gases bezeichnet. Das Verhältnifs 5 zu 8 endlich drückt dasjenige aus, welches für gleiche Temperaturen und gleichen Barometerdruck zwischen der Dichtigkeit der Luft und des Wasserdampfes statt findet. Suerman glaubt einen oft begangenen Fehler zu vermeiden, indem er für die latente Wärme des Dampfes statt 550° C., welche für eine Temperatur von 100° gilt, die veränderliche Gröfse 650° — t′ wählt, weil nicht die latente Wärme des Dampfes eine bei jeder Temperatur constante Gröfse ist, sondern die Summe der latenten und sensibeln Wärme desselben.

408) Ohne die einzelnen, durch Suerman gefundenen Gröfsen herzusetzen, wird es genügen, hier mitzutheilen, dafs mit atmosphärischer Luft 12; mit Sauerstoffgas 9; mit Wasserstoffgas 9; mit Kohlenoxydgas 6; mit Stickstoffoxydul 8; mit Kohlensäure 8 Versuche angestellt wurden, welche mit sehr geringen Unterschieden überraschend genau übereinstimmen, und aus denen daher, ohne dafs es einer Ausschliefsung bedurfte, das Mittel genommen ist. Die specifischen Gewichte der Gase, auf das der Luft als Einheit reducirt, sind für Sauerstoffgas = 1,1026; für Wasserstoffgas = 0,0688; für Kohlenoxydgas = 0,9678; für Stickstoffoxydul = 1,5269 und für Kohlensäure = 1,5254 angenommen. Zur besseren Uebersicht stellt Suerman die durch ihn erhaltenen, auf die angegebene Weise berechneten und auf die der atmosphärischen Luft als Einheit reducirten Resultate mit denen zusammen, welche Delaroche und Bérard, desgleichen Apjohn gefunden haben.

Gase	Specifische Wärme bei gleichem Volumen: Delaroche u. Bérard	Apjohn	Suerman	Specifische Wärme bei gleichen Gewichten: Delaroche u. Bérard	Apjohn	Suerman
ft	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
erstoffgas . .	0,9765	. . . .	0,9954	0,8848	. . . .	0,9028
ssersoffgas . .	0,9033	1,8948	1,3979	12,3401	27,5407	20,3191
gas	1,0000	0,9887	1,0005	1,0318	1,0169	1,0293
lenoxydgas .	1,0340	1,0808	0,9923	1,0805	1,1167	1,0253
kstoffoxydul	1,3503	1,1652	1,1229	1,8878	0,7631	0,7354
lensäure . .	1,2585	1,0916	1,0655	0,8280	0,7161	0,6975

s Verhältnifs der specifischen Wärme der Luft zu der des sers ist durch Suerman anders gefunden worden, als durch laroche und Bérard, und es dürfte angemessen seyn, auch nach die verschiedenen Werthe zusammenzustellen.

Specifische Wärme gegen die des Wassers als Einheit.

Gase	Delaroche und Bérard	Suerman
Luft	0,2669	0,3046
Sauerstoffgas . .	0,2361	0,2750
Wasserstoffgas .	3,2936	6,1892
Stickstoffgas . . .	0,2754	0,3135
Kohlenoxydgas .	0,2881	0,3123
Stickstoffoxydul	0,2369	0,2240
Kohlensäure . .	0,2210	0,2124

erman bemerkt selbst, dafs die von ihm gefundenen Wer-, mit Ausnahme der beiden letzten, insgesammt gröfser d[1], und er betrachtet dieses als eine Folge der Wärme,

1 Suerman fand durch spätere im folgenden §. erwähnte Versu-e die specifische Wärme der atmosphärischen Luft gegen Wasser als Einheit genommen = 0,2835, und er hält diese Bestimmung für die richtigere. Wollte man hiernach die übrigen Werthe corrigiren, so würde die Uebereinstimmung weit genauer werden, die beiden letzten Bestimmungen aber allzusehr abweichen. Ich habe daher Bedenken

by Google

welche das befeuchtete Thermometer durch Strahlung von der Röhrenwand erhielt, denn diese vermindert die Verdungstungskälte, und da die letztere sich umgekehrt verhält, wie die specifische Wärme, so mufs das, was die erstere vermindert, die letztere vergröfsern. Inzwischen müfste diese Ursache auf alle Gase gleichmäfsig wirken, was jedoch mit den Resultaten nicht übereinstimmt. Nach Dulong ist die verschiedene Beweglichkeit der Theilchen eines Gases die vorzüglichste Quelle von Fehlern bei der Bestimmung ihrer specifischen Wärme, und es fragt sich daher, ob wir diese auch im vorliegenden Falle als einwirkend zu betrachten haben, was jedoch nach Suerman nicht statt finden kann. Die genannte Eigenschaft ertheilt nämlich den Gasen ein verschiedenes Erkaltungsvermögen, weil die Verdunstung z. B. in Wasserstoffgas schneller vor sich geht als in Kohlensäure, mithin die Verdunstungskälte der letzteren verhältnifsmäfsig kleiner seyn mufs, als die ersteren; da aber die berechnete specifische Wärme der beobachteten Kälte umgekehrt proportional ist, so müfste hiernach die specifische Wärme des Wasserstoffgases zu klein, die der Kohlensäure aber zu grofs gefunden seyn, wovon gerade das Gegentheil statt findet. Leichter läfst sich der Fehler gleichfalls aus der Wärmestrahlung der Hülle ableiten. Es war nämlich zwar die Geschwindigkeit der Strömung bei jeder Gasart gleich, allein wegen ihrer ungleichen Dichtigkeit war die in gleichen Zeiten durchströmende Gasmenge allerdings verschieden, und betrug z. B. in 7,5 Minuten bei atmosphärischer Luft 49,48 Gramm, bei Wasserstoffgas 3,4 und bei der Kohlensäure 75,28 Gramm. Hiernach mufste die Menge des Dampfes, welche sich durch die vom Wasserstoffgas abgegebene Wärme bilden konnte, weit kleiner seyn als die, welche durch ein gleiches Volumen Kohlensäure erzeugt wurde; die Einwirkung der Strahlung mufste ebendaher im ersten Falle weit gröfser seyn als im letzten, und die berechnete specifische Wärme des Wasserstoffgases wird daher leichter von der Wahrheit sich entfernen als die der schwereren Gase.

409) Suerman wirft, wie billig, die Frage auf, ob das

---

getragen, diese Correction vorzunehmen, und vorgezogen, die Werthe, wie sie hier gegeben sind, in die unten nachfolgende Tabelle zu setzen.

Digitized by Google

rch HAYCRAFT behauptete, durch MARCET und DELARIVE aus
en Versuchen gefolgerte Gesetz [1], dafs alle Gase bei gleichem
lumen eine gleiche specifische Wärme haben, mit den Re-
taten seiner Versuche vereinbar sey. In diesem Falle müfste
Verdunstungskälte in allen Gasen dieselbe seyn, was zwar
seiner Erfahrung streitet; allein wenn man berücksichtigt,
das Wasserstoffgas so ausnehmend leicht ist, so glaubt er,
die hierbei erhaltene bedeutende Abweichung sich wohl
der ungleichen Gasmenge (in Beziehung auf die Masse) er-
ren lasse, welche in einer gegebenen Zeit bei gleicher Ge-
windigkeit der Bewegung durch die Röhre strömte, und es
nte dann allerdings das durch DULONG aufgestellte Gesetz
402), wonach alle einfache Gase bei gleichem Volumen eine
iche Wärmecapacität haben sollten, mit den durch SUER-
N erhaltenen Resultaten vereinbar seyn. Für alle Gase kann
ses Gesetz nach seiner Ansicht nicht statt finden; denn ob-
ich der Unterschied beim Kohlenoxydgas nur klein ist, so
gt er doch bei den beiden andern zusammengesetzten Gasen,
Stickstoffoxydul und der Kohlensäure so sehr, dafs seine
suche die Zulässigkeit des aufgestellten Gesetzes nicht ge-
ten.

410) Wie oben (§. 397) mitgetheilt worden ist, suchten
ACET und DELARIVE auch die Frage zu beantworten, in
chem Verhältnisse die specifische Wärme der Gase zu ih-
grösseren oder geringeren Drucke stehe, wobei sie zwar
rdings einen statt findenden Unterschied wahrnahmen, ein
emeines Gesetz hierüber jedoch nicht aufzufinden vermoch-
SUERMAN machte die Beantwortung dieser Frage zu-
hst in Beziehung auf Luft unter geringerem Drucke als
mittleren atmosphärischen gleichfalls zum Gegenstande ei-
eigends unternommenen Versuchsreihe. Zu diesem Ende
er die Luft durch vier auf gewöhnliche Weise verbundene
ulff'sche Flaschen strömen, die zum Austrocknen der Luft
Schwefelsäure und Glasstücken gefüllt waren, um Stöfse
Luft zu vermeiden und zugleich mehr Oberfläche darzu-
en. Das Eintrittsrohr an der ersten Flasche war mit einem

---

1 Der Erste, welcher dieses Gesetz aufstellte, war GAY-LUSSAC
892); er nahm es aber nachher selber wieder zurück, s. Ann. de
m. T. LXXXIII. p. 629. G. XLVIII. 392. Vergl. unten §. 412.

Hahn versehn, der sich mehr oder weniger öffnen liefs, um die Menge der einströmenden Luft zu reguliren, worin dann zugleich das Mittel lag, den Druck derselben willkürlich zu verringern. Aus der letzten Flasche trat die wohlgetrocknete Luft in die oben angegebene gekrümmte Röhre, in deren einen Schenkel sich das Thermometer befand, welches die Temperatur der trocknen Luft mafs, im andern aber das abzuschreibende mit benetzter Kugel, um die Verdunstungskälte zu messen. Aus diesem zugleich mit einem manometrischen Apparate versehenen Theile der ganzen Vorrichtung strömte die Luft noch durch zwei Woulff'sche Flaschen, deren eine Quecksilber enthielt, um die Strömung gleichmäfsiger zu machen, und gelangte endlich zu einer Campane auf dem Teller einer Luftpumpe; letztere exantlirte stets gleichmäfsig, und die Bewegung der Kolben wurde daher nach einem Metronom regulirt, wodurch sich mit Hülfe des mehr oder weniger geöffneten Hahns beim Eintritt der Luft ein stets gleichmäfsiger Strom von stufenweise geringerer, aber für die Dauer jedes einzelnen Versuches gleichbleibender Dichtigkeit der Luft erreichen liefs. Die Strömungsgeschwindigkeit war bei dieser Vorrichtung weit gröfser als bei den früheren Versuchen, nämlich 20 Liter in einer Minute, weswegen man eine höhere Genauigkeit erwarten darf. Mit diesem Apparate wurde 18 Versuche angestellt, bei denen der Luftdruck von 0,6911 bis 0,31963 Meter abnahm. Aus den gefundenen Gröfsen wurde die specifische Wärme mittelst der oben angegebenen Formel berechnet, und zeigte sich mit abnehmendem Drucke zunehmend. Dieses Resultat steht mit dem (§. 397) durch Marcet und Delarive erhaltenen keineswegs in Widerspruch, beide dienen vielmehr einander zur Bestätigung. Allerdings war in jenen Versuchen die Temperatur, welche die dünnere Luft binnen 5 Minuten annahm, gröfser als diejenige, welche die dichtere in gleicher Zeit erhalten hatte, und dieses würde, für sich genommen, eine geringere specifische Wärme der verdünnten Luft anzeigen; wenn man aber berücksichtigt, dafs die Volumina gleich waren, mithin bei einem Drucke von 0,258 Meter sich nicht die Hälfte der Masse Luft in der Kugel befand, als bei 0,650 Meter Druck, dennoch aber bei jenem das Thermometer während der gleichen Zeitdauer von 5 Minuten nur 7°,3 und bei diesem 6°,3 stieg, mithin die Temperaturzunahme nur 1° C. betrug

bgleich die vorhandene Luftmasse noch nicht die Hälfte aus-
achte, so folgt hieraus wohl unwidersprechlich, dafs die auf
e Masse sich beziehende specifische Wärmecapacität der ver-
innten Luft gröfser ist. Nach den Versuchen Suerman's ist
er die Zunahme der Wärmecapacität mit vermindertem Drucke
r gering, und nahm nur etwa um 0,1 zu, während der
uck von 0,69 bis 0,32 Meter, also um mehr als die Hälfte
nahm. Wegen der grofsen Schnelligkeit des Strömens, wel-
e die frühere um sechsmal übertraf, kann der aus der Strah-
g der Röhre entspringende Fehler nur ein geringer seyn.
m letzten Versuche mit Luft vom geringsten Drucke strömte
fs nur etwa die Hälfte Luft in gleicher Zeit durch den
nder, als beim ersten mit Luft vom stärksten Drucke, mit-
mufste bei jenem die gefundene specifische Wärme ver-
sert werden, wenn aus der Strahlung ein Fehler erwachsen
re; diesem steht aber ein anderes, gleich gewichtiges, Ar-
ent entgegen. In der verdünnten Luft ist die Verdunstung
ker, und erreicht im Vacuum ihr Maximum. Hieraus mufste
entgegengesetzte Fehler erwachsen, also die Wärmecapaci-
der verdünnten Luft geringer erscheinen. Ob beide einan-
entgegengesetzte Fehlerquellen einander genau compensiren
ein Ueberschufs der einen über die andere bleibt, wagt
man nicht zu entscheiden.

411) Suerman vergleicht die von ihm erhaltenen Resul-
mit den theoretischen Bestimmungen Poisson's[1]. Nach
em ist

$$\gamma = c \left(\frac{P}{p}\right)^{1 - \frac{1}{k}},$$

n γ die specifische Wärme für einen constanten Druck $= p$
c die für einen solchen $= P$; k aber das Verhältnifs der
ifischen Wärme bei constantem Druck zu der bei constan-

1 Traité de Mécanique. 2me éd. T. II. p. 649. Vergl. Ann. de
m. et Phys. T. XXIII. p. 337. G. LXXVI. 269. Es scheint mir
angemessen, die theoretischen Bestimmungen dieses bedeuten-
Geometers hier ausführlicher mitzutheilen, denn es dürfte sich
leicht ein Gelehrter bewogen fühlen, mittelst derselben die
ifischen Wärmen gasförmiger Körper zu ermitteln, und die geringe
bereinstimmung dieser Theorie mit Suerman's Versuchen zeigt ohne-
, dafs man ihnen kein unbedingtes Vertrauen schenken kann.

Digitized by Google

tem Volumen bezeichnet. Wird demnach P = 0,76 Meter; nach Delaroche und Bérard = 0,2669; k aber aus d beobachteten Schallgeschwindigkeit = 1,415 angenommen, erhält man

$$\gamma = 0{,}2669 \sqrt[8{,}41]{\frac{0{,}76}{p}}.$$

Zehn hiernach berechnete Werthe geben

p = 0,76	γ = 0,2669	p = 0,50	γ = 0,3018
0,70	0,2734	45	0,3111
0,65	0,2794	40	0,3222
0,60	0,2860	35	0,3350
0,55	0,2935	30	0,3505

welche Gröfsen jedoch, mit den Resultaten der Versuche v glichen, bedeutend von diesen abweichen, und zwar mit d Verdünnungen zunehmend. Ungleich genauere, und wahrh überraschend übereinstimmende Werthe giebt aber eine ande durch Clapeyron[1] aufgestellte Formel, wonach

$$\gamma = A - B \text{ Log.} p$$

ist, wenn γ die specifische Wärmecapacität unter constan Druck = p, A und B aber Constanten bezeichnen, die Versuchen zu bestimmen sind. Werden diese aus allen 18 V suchen nach der Methode der kleinsten Quadrate bestim so ist

A = 0,5139; B = 0,07998; und γ = 0,2835 für p = 0,7

Suerman stellt die 18 von ihm gefundenen, mit abnehmen Drucke wachsenden, specifischen Wärmecapacitäten der mosphärischen Luft mit den nach dieser Formel berech zusammen, und die nebenstehenden Differenzen zeigen au fällig die aufserordentliche Uebereinstimmung[2].

---

1 Journ. de l'école polytechnique. 1884. T. XIV. p. 170.

2 Es ist dieses um so leichter möglich, weil in der einf Formel die so wesentlichen Coefficienten aus den Beobachtungen entnommen sind.

Digitized by Goog

Vers. Nr.	p. Meter	γ nach Versuchen	γ nach Rechnung	Unterschied
1	0,69110	0,2866	0,2868	+ 0,0002
2	0,69049	0,2869	0,2868	— 0,0001
3	0,68320	0,2891	0,2872	— 0,0019
4	0,63921	0,2900	0,2895	— 0,0005
5	0,62024	0,2915	0,2905	— 0,0010
6	0,56834	0,2927	0,2936	+ 0,0009
7	0,56075	0,2927	0,2941	+ 0,0024
8	0,55660	0,2925	0,2943	+ 0,0018
9	0,51455	0,3018	0,2970	— 0,0048
10	0,50886	0,2964	0,2974	+ 0,0010
11	0,46707	0,3004	0,3004	0,0000
12	0,43418	0,3017	0,3029	+ 0,0012
13	0,42468	0,3011	0,3037	+ 0,0026
14	0,38102	0,3081	0,3075	± 0,0006
15	0,37596	0,3075	0,3079	+ 0,0004
16	0,33987	0,3103	0,3114	+ 0,0011
17	0,32090	0,3151	0,3134	— 0,0017
18	0,31963	0,3149	0,3136	— 0,0013

e Unterschiede sind so gering, und heben sich gegenseitig vollständig auf, dafs mindestens die Genauigkeit der Verhe evident daraus hervorgeht. Der wahrscheinliche Fehler Beobachtungen beträgt nicht mehr als 0,0013, der des efficienten A 0,0070 und des Coefficienten B 0,0026.

Subman beabsichtigte auch die Wärmecapacitäten der Luft er höherem Drucke als dem von ihm angewandten oder n mittleren atmosphärischen zu ermitteln, und es ist zu bedern, dafs er hieran durch anderweitige Beschäftigungen gedert wurde, denn sonst würde sich gezeigt haben, ob auch diese die angegebene Formel anwendbar sey. Der gechte Apparat liefse sicht für diesen Zweck leicht abändern, nn man statt der exantlirenden Pumpe eine comprimirende ihlte, und die comprimirte Luft an der entgegengesetzten te durch die Oeffnung eines regulirten Hahnes ausströmen fse.

412) Ueberblicken wir die ganze Reihe der hier mitgeilten Untersuchungen, so erscheint die Methode der Mihungen unter allen als die einfachste, und sie giebt daher auch richtigsten Resultate. Solche würden ohne Zweifel auch den Versuchen von Delarive und Marcet (§. 393 ff.)

hervorgegangen seyn, wenn nicht die von ihnen angewandten Quantitäten der untersuchten Gase zu gering gewesen wären, deren Masse gegen die der übrigen Theile der gebrauchten Apparate immer noch geringfügig blieb[1]. Hiermit stimmt auch überein, dafs die nach der angegebenen Methode angestellten Versuche von Delaroche und Bérard (§. 386) bis jetzt noch immer die gröfste Autorität haben. Allerdings läfst sich nicht leugnen, dafs die Versuche von Dulong und die von Suerman sehr scharfsinnig erdacht, mit unglaublicher Sorgfalt und dem höchsten Grade von experimenteller Geschicklichkeit durchgeführt sind, weswegen auch namentlich die durch den Letzteren gefundenen relativen Capacitäten bei ungleichem Druck unter sich so merkwürdig übereinstimmen, und einen höchst wichtigen, wenn gleich nur partiellen, Beitrag zum Ganzen unserer Kenntnifs der Wärmecapacitäten zunächst der Luft, und daher auch wahrscheinlich aller gasförmigen Körper bilden. Bei Dulong's und Suerman's Methoden sind die Apparate ebenso zusammengesetzt und einer gleichen Menge Bedingungen unterworfen, die Fehler herbeiführen können, als die von Delaroche und Bérard gebrauchten; aufserdem aber beruhen sie auf Grundlagen, die keineswegs für absolut gewifs gelten können. Berücksichtigen wir zuerst die Methode Suerman's, so setzt diese die Elasticität, die Dichtigkeit und die latente Wärme des Wasserdampfes als absolut richtig voraus, und wenngleich die Resultate der Versuche, wodurch diese Gröfsen gefunden wurden, sehr nahe mit einander übereinstimmen, und dieses sehr für ihre Genauigkeit entscheidet, so bleibt es immer fraglich, ob spätere, noch genauere Versuche nicht andere gleichfalls noch genauere Resultate liefern, gerade wie dieses bei dem durch Rudberg gefundenen Coefficienten für die Ausdehnung der Gase der Fall gewesen, obgleich seit 20 Jahren niemand den früher angenommenen nur zu bezweifeln wagte. Die Bestimmung der latenten Wärme des Wasserdampfes macht keineswegs auf eine gleiche Zuverlässigkeit Ansprüche, und wird in der That von verschiedenen Schriftstellern nicht gleich übereinstimmend angenommen. Aus der ungewöhnlichen Uebereinstimmung der Resultate der letzten Versuchsreihe von

1 Dieses bezieht sich jedoch nicht auf deren neueste Versuche in §. 899.

Digitized by Google

ich folgt daher nichts weiter als eine ausnehmende Genauigkeit
ei der Anstellung der Versuche, keineswegs aber eine absolute
ichtigkeit derselben an sich; denn es wäre aus den angege-
nen Gründen leicht möglich, dafs alle mit den nämlichen
ehlern behaftet wären. Dulong's Versuche beruhn auf einem
tze, welchen zwar der scharfsinnigste und tiefste Gelehrte
r neuesten Zeit ausgesprochen hat, der aber deswegen noch
ineswegs über jeden Zweifel erhaben ist, wobei es immer
fallend bleibt, dafs er durch die directen Versuche von
ulut und Désormes, von Gay-Lussac und Welter,
wie von Prechtl nicht bestätigt wurde, deren Bestimmun-
sämmtlich kleiner sind, als diejenige, welche Dulong aus
Schallgeschwindigkeit entnahm. Offenbar aber darf man
der empirisch gefundenen Schallgeschwindigkeit keinen Be-
is für die Richtigkeit dieses Coefficienten hernehmen, weil
lmehr die Zulässigkeit der ganzen Hypothese darauf beruht,
durch diesen anderweitig scharf bestimmten Coefficienten
theoretische Schallgeschwindigkeit mit der durch die Er-
rung gefundenen genau übereinstimmt. Ueberhaupt aber bin
der unmafsgeblichen Ansicht, dafs wir bei der Bestimmung
specifischen Wärme der Gase, nach dem oben (§. 404)
über festgesetzten Begriffe, ebenso wie bei allen andern Kör-
n, diejenige Wärme, welche durch Compression erzeugt
d, ganz unberücksichtigt lassen müssen, obgleich sich kei-
Augenblick verkennen läfst, dafs beide innig mit einander
bunden sind. Dieser Meinung ist auch der ebenso gelehrte
scharfsinnige Biot[1], dessen Aeufserung hierüber wörtlich
nehmen ich kein Bedenken trage. „Die erhaltenen Be-
immungen der specifischen Wärme sind der Ausdruck eines
hr zusammengesetzten Phänomens. Nach der Art, wie die
rsuche angestellt werden, ziehen sich die Gase zu gleicher
it zusammen, wenn sie sich abkühlen[2], weil sie stets unter
nselben Drucke standen. Die Erwärmung, die sie erzeu-
n, ist daher die zusammengesetzte Wirkung der Wärme,
e sie abgeben, indem sie sich abkühlen, und zugleich in-
m sie sich zusammenziehn, statt dafs man diese beiden

1 Traité de Physique. T. IV. p. 727.

2 Dieses leidet auf die Versuche von Dulong keine Anwendung, ich stehn diesen andere Argumente entgegen.

Digitized by Google

„Effecte abgesondert betrachten, d. h. diejenige Wärmemenge
„bestimmen müfste, welche jedes Gas abgiebt, indem es sich
„in einem unveränderlichen Raume, also bei gleichbleibendem
„Volumen, abkühlt, und demnächst diejenige, welche es ab-
„giebt, wenn sein Volumen sich ändert bei gleichbleibender
„äufserer Temperatur. Die Trennung dieser beiden Phänomene
„erscheint als ausnehmend schwierig, würde aber unvermeidlich
„seyn, wollte man ganz einfache Resultate haben, und die ei-
„gentlichen Gesetze, welche diese Effecte bedingen, in ein hel-
„les Licht setzen. Allein man ist eben diesen Unbequemlich-
„keiten unterworfen bei den Versuchen, welche man anstellt,
„um die specifischen Wärmecapacitäten der tropfbar flüssigen
„und der festen Körper zu bestimmen, weil auch diese sich
„nothwendig in dem Mafse zusammenziehn, als sie sich ab-
„kühlen; weil aber ihre Zusammenziehung nur gering ist, so
„wird vorausgesetzt, dafs auch die hierdurch erzeugte Wärme
„nur unbedeutend sey in Vergleichung mit der, welche sie
„durch Abkühlung abgeben. Aber, die Wahrheit zu gestehen,
„nichts beweiset, dafs es wirklich so sey, ja man könnte ver-
„anlafst werden, das Gegentheil zu glauben, wenn man die
„aufserordentliche Menge von Wärme berücksichtigt, welche
„die festen Körper entwickeln, wenn man ihre Theile von
„einander trennt, wie dieses durch Reiben, durch Drehen
„durch Bohren geschieht, welches letztere nichts anderes ist
„als ein rohes Reiben mit Abreifsen der oberen Theilchen von
„den unteren. Betrachtet man aus diesem Gesichtspuncte die
„Bohrspähne, welche von dem bronzenen Kanonenstücke ab-
„gerissen waren, so fand Rumford, dafs sie die nämliche
„specifische Wärme hatten als die Masse, von welcher sie
„gerissen waren, woraus sich schliefsen läfst, dafs die ent-
„entwickelte Wärme einzig zwischen den soliden Molecülen
„des Bronzekörpers, also zwischen den kleinen Gruppen die
„Partikeln existirte, welche der Bohrer abgerissen hatte. Ist
„diesem wirklich so, dann mufs diese Wärmemenge auf glei-
„che Weise jedesmal sich verändern, sobald ein Körper sich
„ausdehnt oder zusammenzieht, und diese Wirkung, welche
„mit der durch blofse Veränderung der Temperatur frei ge-
„wordenen Wärme verbunden ist, kann sehr wohl nicht so ge-
„ring seyn als man sich gewöhnlich einbildet. So lassen
„diese beiden Wirkungen nicht durch Versuche von einan-

Digitized by Google

tennt sind, können die erhaltenen Resultate keine andere
yn als zusammengesetzte, und vielleicht liegt in dieser Zu-
mmensetzung der Grund, welcher bis jetzt gehindert hat,
end ein Verhältnifs der specifischen Wärme der Körper
d ihrer chemischen Beschaffenheit mit Sicherheit aufzu-
den."

Wie es sich auch mit den verschiedenen, in der mitge-
lten Aeufserung in Anregung gebrachten ebenso wichtigen
schwierigen Problemen verhalten mag, so geht mindestens
viel evident daraus hervor, dafs eine Volumensvermehrung
h Wärme bei allen Körpern vorkommt, und bei allen auf
Bestimmung ihrer specifischen Wärme einen Einfluſs aus-

Soll daher der Begriff, welchen wir mit specifischer
rmecapacität verbinden, für alle Körper derselbe seyn, sol-
die gefundenen Gröfsen unter sich vergleichbar seyn, so
en wir nicht bei einer Classe derselben, den gasförmigen,
Einfluſs der Ausdehnung ausschliefsen, bei andern dagegen
ehalten, ja es mufs mo möglich die Methode die Wärme-
acitäten zu bestimmen mit gehörigen Modificationen bei
n Arten von Körpern dieselbe seyn. Sofern es aber wohl
gemacht ist, dafs die Methode der Mischungen bei festen
tropfbar flüssigen Körpern vor allen andern den Vorzug
, so müssen wir diese wo möglich auch bei den gasförmi-
in Anwendung bringen. Allerdings macht bei diesen die
nge Masse derselben ein grofses Hindernifs, allein durch
von Delaroche und Bérard gewählte Verfahren wird
n dieses glücklich beseitigt, weswegen denn ihre Versuche,
en wir die späteren von Marcet und Delarive unbe-
klich an die Seite setzen können, noch immer unter die
ätzbarsten gehören, die gröfste Autorität besitzen und am
sten in Anwendung gebracht werden. Leider haben die
perimentatoren einen Fehler nicht vermieden, dessen Einfluſs
r unbedeutend seyn mag, immerhin aber der absoluteren
nauigkeit der erhaltenen Resultate einigen Abbruch thut,
nlich dafs sie die Gase nicht vorher austrockneten, um den
glichen und unter gewissen Bedingungen leicht beträchtli-
n Einfluſs der Wasserdämpfe zu vermeiden. Ist es ge-
ndet, dafs die Wasserdämpfe sich durch Wärme genau so
die Gase ausdehnen, und dürfen wir hieraus folgern, dafs
e specifische Wärme so lange als sie nicht niedergeschlagen

Digitized by Google

werden, was allerdings bedeutende Fehler herbeiführen müs mit der der Gase sehr nahe übereinstimmt oder mindestens unbedeutend davon abweicht, so konnten aus der immer geringen Feuchtigkeit der gebrauchten Gase nicht wohl mer liche Fehler erwachsen; immerhin aber wäre wünschenswer dafs diese Fehlerquelle vermieden seyn möchte. Hätten beiden wackeren Gelehrten auf eine solche Weise, wie z. SUERMAN, mit grofsen Gasometern operirt, und die Gase v her durch Chlorcalcium hinlänglich ausgetrocknet, so wür den von ihnen gefundenen Resultaten ein noch weit höhe Werth gebühren. Es ist daher sehr erfreulich, dafs MARC und DELARIVE den nämlichen Weg betreten und dabei gleich den genannten Fehler vermieden haben.

413) Die specifische Wärme aller Körper gehört alle einer gewissen Temperatur an, sofern man sie entweder für oder für $\frac{t+t'}{2}$ bestimmt, wie bereits gelegentlich erwähnt wur den ist (§. 404); mithin mufs bei allen, und daher auch bei de Gasen, die Frage beantwortet werden, ob die specifische Wär me derselben für alle Temperaturen dieselbe ist, oder ob s mit den Veränderungen derselben sich gleichfalls verände allgemein in welchem Verhältnifs die specifische Wärme de Körper zu ihrer Temperatur steht. Aus den mitgetheilten Ver suchen läfst sich diese Frage in Beziehung auf die Gase nicht beantworten; denn sie sind zwar bei verschiedenen Tempera turen angestellt, aber nicht bei so weit von einander abste henden, dafs dieser Einfluſs, welcher höchst wahrscheinlich nur ein geringer ist, sich daraus entnehmen liefse, aufserdem aber wurden bei ihnen verschiedene Methoden angewandt, we wegen die Abweichungen von einander in diesen und der un gleichen Genauigkeit, die sie gewähren, liegen können. In zwischen hat sich GAY-LUSSAC[1] die directe Beantwortung dieser Frage zum Ziele gesteckt. Nach der von ihm ange wandten, bereits (§. 392) angegebenen Methode vereinigte er bei 16° C. äufserer Temperatur gleiche Volumina atmosphärischer Luft, das eine von — 20°, das andere von + 52°, und fand, dafs sich die Capacität der kalten Luft zu der der warmen wie 1 : 1,206 verhielt. Als er diese Versuche mit Wasserstoffgas

1 Ann. de Chim. T. LXXXIII. p. 629. G. XLVIII. 892.

Digitized by Google

d atmosphärischer Luft wiederholte, fand er, dafs die Ca-
cität der bis — 20° erkalteten atmosphärischen Luft sich zu
des bis 52° erwärmten Wasserstoffgases wie 1:0,907 ver-
lt; war aber das Wasserstoffgas bis — 20° erkältet, die Luft
er bis 52° erwärmt, so war das Verhältnifs = 1:0,752. In
em gleichen Versuche mit Kohlensäure gab die bis — 20°
kältete Luft und bis 52° erwärmte Kohlensäure das Verhält-
fs = 1:1,518, war aber die Luft bis 52° erwärmt, die
hlensäure bis — 20° erkältet, so wurde dieses Verhältnifs
1:119. Hieraus folgt, dafs die specifische Wärmecapacität
r Gase mit zunehmender Temperatur wächst, ohne dafs je-
ch diese Versuche genügen, ein bestimmtes Gesetz hierüber
fzustellen.

414) Es ist wiederholt von einem allgemeinen Gesetze die
de gewesen, welches sich über die specifischen Wärmen al-
r gasförmigen Körper aufstellen lasse, und wir müssen zum
schlufs diese Aufgabe hier nochmals speciell zur Erörterung
ngen. In Beziehung auf die Gase war Gay-Lussac der
te, welcher den Satz aufstellte, dafs die Wärmecapacitäten
ller elastischen Flüssigkeiten bei gleichem Volumen und unter
leichem Drucke sich umgekehrt wie ihre specifischen Gewichte
rhielten, was er aus den Resultaten seiner frühesten Versuche
leitete und bei der Wiederholung derselben bestätigt fand,
bwohl seine Aeufserung hierüber nur dahin ging, dafs er die-
es für wahrscheinlich halte (§. 392). Da sich annehmen läfst,
dafs ihre Volumina ihren specifischen Gewichten umgekehrt
proportional sind, so heifst der Satz zugleich soviel, dafs die
Wärmecapacität aller Gase unter gleichem Drucke gleich sey[1].
Inzwischen nahm er selbst[2] dieses Gesetz ausdrücklich und
ganz ohne Beschränkung wieder zurück, indem er erklärte,
dasselbe sey völlig unrichtig; die Gasarten hätten keineswegs
einerlei Capacität für die Wärme, sondern jede habe ihre ei-

---

1 In dieser Form hat Dalton (neues System u. s. w. Th. I. S. 80.) diesen Satz zuerst ausgesprochen, zugleich aber auch die Einwendungen vorgebracht, die sich dagegen aufstellen lassen. Wegen seines Zusammenhanges mit einem andern wichtigen Gesetze versparo ich diese Untersuchung bis weiter unten §. 445 u. 446.

2 Ann. de Chim. T. LXXXIII. p. 629. G. XLVIII. 892.

Digitized by Google

gene, von der der andern sehr verschiedene Wärmecapacität. Dennoch haben die meisten späteren Experimentatoren bei ihren Versuchen zur Auffindung der Wärmecapacitäten gasförmiger Flüssigkeiten diese Frage abermals berücksichtigt, und das Resultat, wozu sie gelangten, mit angegeben. Haycraft folgerte aus seinen Versuchen, dafs allgemein die specifische Wärme der Gase sich umgekehrt wie ihre Dichtigkeiten verhielten, weil gleiche Volumina derselben unter gleichem Drucke seinem Calorimeter gleiche Wärmemengen mitgetheilt hatten (§. 391). Zu einem gleichen Resultate gelangten auch Marcet und Delarive, nämlich dafs alle Gase für gleiche Volumina und gleiche Elasticitäten die nämliche specifische Wärme haben sollen (§. 397), ein Satz, welcher um so auffallender ist, da sich ihre Versuche auf eine so bedeutende Menge gasförmiger Körper erstreckten, nämlich atmosphärische Luft, Sauerstoffgas, Stickgas, Wasserstoffgas, Kohlensäure, ölbildendes Gas, Kohlenoxydgas, Stickstoffoxydul, salpetriges Gas, Schwefelwasserstoffgas, Ammoniakgas, schwefligsaures Gas, Chlorwasserstoffsäure und Cyan (§. 396). Auch durch ihre neuesten Versuche fanden diese Gelehrten das aufgestellte Gesetz bestätigt, dafs die Gase unter dem nämlichen Drucke und bei gleichem Volumen gleiche specifische Wärme haben sollen, indem unter den zusammengesetzten Gasen blofs zwei von dieser Regel abweichen, nämlich das ölerzeugende Gas und die Kohlensäure; doch gestehn sie zu, dafs es zwar allerdings eine sichere Anwendung auf die einfachen Gase, keineswegs aber auf die zusammengesetzten leide (§. 399). Nach Dulong verdienen die Versuche von Delaroche und Bérard, ihrer Mängel ungeachtet, noch immer das meiste Vertrauen, und setzen daher aufser Zweifel, dafs alle einfache und zusammengesetzte Gase unter gleichem Drucke und bei gleichem Volumen keineswegs gleiche Wärmecapacitäten besitzen (§. 400). Inzwischen fand Dulong durch seine eigenen Versuche das Gesetz für die einfachen Gase, das Sauerstoffgas und Wasserstoffgas bestätigt, und ebenso für die zusammengesetzten, die atmosphärische Luft und das Kohlenoxydgas (§. 401), und da das Stickstoffgas nach Delaroche und Bérard sich genau wie atmosphärische Luft verhält, so könnte man allerdings folgern, dafs das Gesetz auf die einfachen und einige zusammengesetzte Gase Anwendung leide. Apjohn verwirft das Gesetz in dieser Beschränkung

lches er als von Dulong aufgestellt betrachtet, dafs nämlich einfache Gase unter constantem Drucke und constantem lumen gleiche Wärmecapacitäten haben sollen, weil es für sserstoffgas nicht passe, um so viel mehr also eine allge- ne Anwendung desselben auf alle, auch die zusammenge- ten gasförmigen Körper überall nicht statthaft sey (§. 406). llich hat Suerman diese Frage speciell erörtert, und schliefst den von ihm erhaltenen Resultaten, dafs das Gesetz in Ausdehnung, wie es von Marcet und Delarive aufge- lt ist, wonach gleiche Volumina aller Gase unter gleichem cke dieselbe specifische Wärme haben sollen, unstatthaft , denn das Kohlenoxydgas zeige zwar nur eine geringe Ab- chung, andere aber eine desto gröfsere, aus Beobachtungs- lern durchaus nicht abzuleitende; dagegen glaubt er, dafs selbe in der von Dulong angegebenen Beschränkung, wo- h blofs die einfachen Gase und einige zusammengesetzte e gleiche Wärmecapacität haben sollen, wohl statt finden ne, weil die allerdings bedeutende Abweichung, die bei das Wasserstoffgas zeigte, wohl aus Beobachtungsfehlern uleiten sey. Das ganze Problem gewinnt ausnehmend an eresse und Wichtigkeit, wenn man es aus einem anderen senschaftlichen Gesichtspuncte betrachtet. Wir werden spä- sehen, dafs nach den Untersuchungen von Dulong und rit über die specifischen Wärmecapacitäten der festen Kör- ein gewisses *Verhältnifs zwischen den Atomgewichten d den Wärmecapacitäten* der Körper statt finden soll. Die- Gesetz stimmt sehr überein mit der Theorie, dafs die Mo- üle der Körper mit Wärmesphären umgeben sind, und bei en verschiedenen Aggregatzuständen sich im stabilen Gleich- wichte der einander entgegenwirkenden anziehenden und re- lsiven Kräfte befinden, die Wärme als repulsive Kraft selbst er als ihren Träger betrachtet. In den Gasarten, namentlich n einfachen, müfste der Conflict dieser Kräfte, also auch das antitative Verhältnifs des in ihnen vorhandenen Wärme- offes, am einfachsten wahrnehmbar seyn, und aufserdem zeigt h, dafs die Dichtigkeiten derselben unter gleichem Drucke ihren Atomgewichten in einem gewissen Verhältnisse stehn üssen; denn die leichtesten unter ihnen haben zugleich die einsten Atomgewichte. Es wird jedoch am angemessensten yn, diese Untersuchung nicht isolirt für die Gase anzustellen,

Digitized by Google

sondern mit der über die sonstigen Körper zu verbinden, worauf ich daher verweise (§. 445 ff.).

b) Specifische Wärme der tropfbaren Flüssigkeiten.

415) Wegen der weit gröfseren Massen, welche bei tropfbaren Flüssigkeiten in einem kleineren Raume vereinigt sind, ist es viel leichter, die specifischen Wärmecapacitäten derselben aufzufinden. Die Aufgabe kam daher schon vor sehr langer Zeit zur Untersuchung, und die Auffindung der ungleichen Wärmecapacitäten der Körper trug hauptsächlich dazu bei, richtigeren Begriffen über das eigentliche Wesen der Wärme Eingang zu verschaffen. Man bediente sich hierbei allgemein der Methode der Mischungen, und es ist bereits oben (§. 376 und 377) erwähnt worden, auf welche Weise diese durch Black und Irvine, durch Wilke und insbesondere durch Crawford in Anwendung gebracht wurde. Hier wird also nur noch erforderlich seyn, die von ihnen gefundenen Bestimmungen zusammenzustellen und mit einander zu vergleichen, was aber der Kürze wegen in der unten angehängten Tabelle geschehen kann. Bemerkt werden mufs jedoch, dafs die Versuche, namentlich von Crawford, sich keineswegs auf tropfbare Flüssigkeiten beschränkten, sondern dafs er hauptsächlich auch feste Körper, ja sogar auch Gase mit in den Kreis derselben zog (§. 383). Während Crawford seine vielen Arbeiten hierüber fortsetzte, beschäftigte sich auch Kirwan mit dieser Aufgabe, und theilte die gefundenen Bestimmungen seinem Freunde Magellan mit, durch den sie bekannt wurden[1]. Die Summe der bekannten Bestimmungen, die hauptsächlich zur Unterstützung der damals neuen Theorie der Wärme dienen sollten, wurde nicht unbedeutend vermehrt durch Gadolin[2], dessen Bemühungen mit denen von Lavoisier und Laplace der Zeit nach zusammenfallen. Letztere bedienten sich dabei ihres Calorimeters[3] (§. 377), welches unter den Händen dieser

1 Essay sur la nouvelle théorie du feu élémentaire et de la chaleur des corps. Lond. 1780. 4.

2 Dissertatio chemico-physica de theoria caloris corporum specifici. Aboe. 1784. 4.

3 Mém. de l'acad. de Paris. 1780. p. 355. Lavoisier's physisch

durch anhaltende Uebung sehr geschickten Experimentatoren vorzüglich genaue Resultate gab, bald nachher aber durch Rumford gegen das Wassercalorimeter vertauscht wurde. Mit diesem Apparate bestimmten sie nicht blofs die specifische Wärme der Salpetersäure = 0,66139, wie oben angegeben worden, sondern auch des Olivenöls = 0,30961 und der Schwefelsäure = 0,33460. Schon vorher hatte Joh. Tob. Mayer die Methode der Abkühlung empfohlen, die er selbst zur Auffindung der Wärmecapacitäten des Leinöls und des Essigs, verglichen mit der des Wassers, so wie auch der einiger Holzarten benutzte, die aber durch Leslie und Dalton in gröfserer Ausdehnung angewandt wurde[1]. Es würde indefs einen zu grofsen Zeitaufwand erfordern, alle diese Bemühungen einzeln zu beschreiben, und es wird daher genügen, die erhaltenen Bestimmungen in der am Ende angehängten Tabelle mit aufzuführen. Blofs die wichtigern unter den späteren Bemühungen mögen hier etwas näher betrachtet werden.

416) Dalton[2] hatte fast ausschliefslich nur Crawford's Leistungen vor Augen, obgleich ihm auch die Bemühungen Lavoisier's und Laplace's bekannt waren; inzwischen verfehlt er die Methode jenes seines Landsmannes, und wählte die von J. T. Mayer vorgeschlagene, welche unmittelbar vorher auch Leslie angewandt, und damit die specifische Wärme von fünf Flüssigkeiten bestimmt hatte[3]. Dalton nahm ein eiförmiges, dünnes, gläsernes Gefäfs, welches etwa 8 Unzen Wasser faste, verschlofs dasselbe mit einem Korke, durch welchen die Röhre eines empfindlichen Thermometers so gesteckt war, dafs dessen Kugel ungefähr sich im Mittelpuncte des Gefäfses befand. In die Röhre des Thermometers waren zwei feine Striche mit einer Feile geritzt, das eine bei 33°,34, das andere bei 27°,78 C., so dafs also das Intervall genau 10° F. ausmachte; die Temperatur des Zimmers betrug 11°,11 C. Das Gefäfs wurde mit der zu untersuchenden Flüssigkeit gefüllt und etwas über 33°,34 C. erwärmt, dann im Zimmer aufge-

---

chemische Schriften. Ueb. von Weigel. Greifsw. 1785. Th. III. S. 325.

1 Die Nachweisungen hierüber befinden sich oben in §. 382.

2 Ein neues System des chemischen Theiles der Naturwissensch. D. Ueb. Berl. 1812. S. 67.

3 Diese befinden sich in der unten angehängten Tabelle.

Digitized by Google

hängt und die Zeit genau gemessen, während welcher das darin eingesenkte Thermometer vom oberen Feilstriche bis zum unteren herabsank; ein in einiger Entfernung frei hängendes Thermometer zeigte die Temperatur des Zimmers[1]. Auf einen selten vorkommenden Unterschied der Wärme der Umgebung wurde sorgfältig Rücksicht genommen und zugleich der Einfluss des Gefäfses corrigirt. Im Mittel aus vielen Versuchen, bei denen die Unterschiede der Erkaltungszeiten für dieselben Flüssigkeiten nicht mehr als höchsens 0,5 Minute betrugen, gingen folgende Erkaltungszeiten und die daraus berechneten specifischen Wärmecapacitäten hervor:

Flüssigkeiten	spec. Gewichte	Erkaltungszeiten	specifische Wärme
Wasser	1,000	29,00 Min.	1,000
Milch	1,026	29,00 —	0,98
Auflösung von kohlensaurem Kali	1,300	28,50 —	0,75
— — — — Ammonium	1,035	28,50 —	0,95
Ammoniumsolution	0,948	28,50 —	1,03
gemeiner Weinessig	1,020	27,50 —	0,92
Kochsalzsolution (88 W. 22 S.)	1,197	27,00 —	0,78
Zuckersolution (6 W. 4 Z.)	1,170	26,25 —	0,77
Salpetersäure	1,200	26,25 —	0,76
Salpetersäure	1,300	25,50 —	0,68
Salpetersäure	1,360	25,00 —	0,63
Schwefelsäurehydrat	1,335	23,50 —	0,52
Salzsäure	1,530	21,00 —	0,68
Essigsäure (aus essigs. Kupfer)	1,056	21,00 —	0,66
Schwefelsäure	1,844	19,50 —	0,35
Alkohol	0,850	19,50 —	0,76
Alkohol	0,817	17,50 —	0,70
Schwefeläther	0,760	15,50 —	0,66
Wallrathöl	0,870	14,00 —	0,52

Die Bestimmung der specifischen Wärmecapacität des Quecksilbers durch Dalton ist nach seiner eigenen Angabe zu wenig genau, als dafs man mit Sicherheit darauf bauen könnte. Durch Mischung mit Wasser und durch die Zeit der Abkühlung bei Anwendung eines kleineren Gefäfses fand er für gle-

1 Die Art der Versuche ist genau dieselbe, als der oben §. 257 erwähnten.

Volumina das Verhältnifs 1:0,55. Wird diese Bestimmung das specifische Gewicht = 14 in runder Zahl angenommen ucirt, so gäbe dieses das Verhältnifs 1:0,0393, statt dafs voisier und Laplace mittelst des Eiscalorimeters 1:0,029 den (§. 378).

Aus den oben (§. 260) mitgetheilten zahlreichen Versu- n von Borckmann über die Erkaltungszeiten verschiedener, einer Glaskugel eingeschlossener Flüssigkeiten liefsen sich gleiche Weise die specifischen Wärmecapacitäten derselben echnen, allein hierzu sind die Einzelnheiten, aus denen die rderlichen Correctionen entnommen werden müfsten, nicht au genug angegeben, und die Wissenschaft würde da- durch solche nicht hinlänglich sichere Bestimmungen keinen leutenden Vortheil erhalten.

417) Unter den zahlreichen Untersuchungen Rumford's r das Verhalten der Wärme finden sich auch einige, die der timmung der Wärmecapacitäten tropfbarer Flüssigkeiten ge- dmet sind[1]. Er wandte hierbei die Methode der Mischungen , indem er sich zur Aufnahme der zu untersuchenden Flüs- keiten ein kleines Fläschchen aus dünnem Kupferblech ver- tigen liefs, welches die Gestalt eines doppelten Kreuzes hatte, dem Wasser, in welches dasselbe eingesenkt wurde, eine fsere Oberfläche darzubieten. Die Oeffnung desselben ver- lofs ein langer Kork, an welchem es angefafst wurde, ohne n der Hand eine mefsbare Wärmemenge aufzunehmen. Das asser, in welches dieses Gefäfs eingetaucht ward, befand sich einem cylindrischen Becher von dünnem Kupferblech, wel- er in einem etwas gröfseren Cylinder stand, und der Zwi- enraum zwischen beiden war mit Flaumfedern der Eidergans füllt, um den Einfluſs der äufseren Wärme abzuhalten. Beide fäfse, sowohl dasjenige, welches eingetaucht wurde, als auch sjenige, worin sich das zum Eintauchen bestimmte Wasser fand, waren von dünnem Metalle; ersteres wog ohne den ork nur 76 Gramm und letzteres, ein 2 Zoll weiter und 4,75 ll tiefer Cylinder, 74,65 Gramm, beider Capacitäten, auf asser reducirt, wurden mit in Rechnung gebracht. Um dem äschchen mit der eingeschlossenen Flüssigkeit eine bestimmte emperatur zu geben, hielt Rumford dasselbe eine geraume

1 G. XLV. 317.

Digitized by Google

Zeit in eine grofse Masse Wasser, welches die Temperatur des Zimmers hatte, worin es sich befand, und in welches während dieser Zeit die Sonne nicht scheinen durfte, um seine Temperatur nicht zu erhöhn, tauchte es dann in den mit Wasser gefüllten Cylinder, und mafs die erzeugte Veränderung der Temperatur gerade dann, wenn diese ihr Maximum erreicht hatte und wieder rückwärts ging. Dabei war vorläufig der Gehalt des cylindrischen Gefäfses und seines Thermometers zu 24,3 Gramm und der des eingetauchten Fläschchens für sich genommen zu 8,36 Gramm Wasser bestimmt. Um die Art der Versuche genauer zu übersehn, möge einer derselben, der mit gereinigtem Rübsamenöl, beschrieben werden. Der Cylinder enthielt 180 Gramm Wasser von der Temperatur des Zimmers = 59°,5 F.; in der Flasche waren 82,55 Gramm gereinigtes Oel enthalten, und es nahm die Temperatur des Wassers in einem grofsen Eimer an, welche 44°,5 F. betrug. Etwa 3 bis 4 Minuten nach dem Einsenken zeigte das Thermometer in dem Wasser des Cylinders 56°,75 F., und stieg erst wieder, nachdem es geraume Zeit auf diesem Puncte still gestanden hatte; das Wasser des Cylinders war also um 2°,25 F. erkältet. Das Wasser des Cylinders mit Einschlufs der Hülle und des Thermometers betrug zusammen 204,3 Gramm, und durch das Eintauchen der Flasche war also so viel Wärme absorbirt worden als hinreicht, $2{,}75 \times 204{,}3 = 561{,}83$ Gramm Wasser um 1° F. zu erwärmen. Dagegen hatte die eingetauchte Flasche 12°,25 F. Wärme gewonnen. Diese Flasche an sich, ohne das Oel aber mit Einschlufs des an ihr hängen gebliebenen Wassers betrug nach der specifischen Wärmecapacität reducirt so viel als 9,4 Gramm Wasser, folglich waren $12{,}25 \times 9{,}4 = 115{,}14$ Gramm Wasser um 1° F. erwärmt, und man erhält $561{,}83 - 115{,}14 = 446{,}68$ Gramm Wasser um 1° F. erhöht als das Mafs der specifischen Wärme des in dem Fläschchen befindlichen Rübsamenöls. Sofern also die in der Flasche befindlichen 82,55 Gramm Oels um 12°,25 F. erwärmt waren, würden sie $\frac{82{,}55}{12{,}25} = 36{,}464$ Gramm Wassers um 1° F. erhöhen und wir erhalten also, die specifische Wärmecapacität des Wassers = 1 gesetzt, für Rübsamenöl

$$\frac{36{,}464}{82{,}55} = 0{,}44172.$$

Digitized by Google

Durch mehrmals wiederholte Versuche erhielt Rumford die specifischen Wärmen folgender Flüssigkeiten:

Wasser	1,00000	Alkohol (spec. Gew. 0,818)	0,54993
Rübsamenöl . .	0,45192	Spiritus (spec. Gew. 0,853)	0,58078
Olivenöl . . .	0,43849	Schwefeläther (spec. Gewicht 0,729)	0,54329.
Naphtha	0,41519		
Terpentinöl . .	0,33856		

418) Einen kleinen Beitrag zur Kenntnifs der specifischen Wärmecapacitäten hat J. A. Bischof[1] geliefert. Dieser mischte gleiche Gewichte Salzsoole von 1,120 spec. Gewichte und 2° Temperatur mit Wasser von 41°, und fand die Wärme der Mischung = 22,5. Die Soole hatte also 20°,5 Wärme gewonnen, das Wasser dagegen nur 18°,5 verloren, woraus die Wärmecapacität der Soole zu der des Wassers = 0,902439: 1 folgt. In einem zweiten Versuche betrug die Wärme der Soole 37°, die des Wassers 2°,5 und die der Mischung 16°, wonach also die Soole 16° verlor, das Wasser aber 13°,5 erhielt und also die Wärmecapacität der Soole zum Wasser = 0,84375 : 1 abgeleitet wird. Nach Bischof ergiebt sich hieraus, dafs die specifische Wärmecapacität der Salzsoole geringer sey, als die des Wassers, der Unterschied aber mit der Verdünnung der Soole zunehme. Diese Folgerung ist nicht zu bezweifeln, allein der bedeutende Unterschied beider gefundenen Resultate wird hierdurch nicht erklärt, denn in beiden Versuchen war der Gehalt und die Löthigkeit der Soole gleich. Inzwischen können die Versuche überhaupt keine Grundlage eines genügenden Resultates abgeben, weil das Gefäfs nicht mit in die Messung aufgenommen worden ist, und hieraus läfst sich schliefsen, dafs überhaupt die für so feine Versuche unerläfsliche Sorgfalt nicht angewandt wurde. Einige wenige eigene Bestimmungen der Wärmecapacitäten des Alkohols und des Schwefeläthers hat Despretz[2] mitgetheilt; sie sind in der angehängten Tabelle aufgenommen worden.

419) Bei seinen Untersuchungen der Salzsäure bestimmte

---

1 G. XXXV. 850.

2 Traité élément. de Phys. Par. 1825. p. 167.

Digitized by Google

Ure[1] auch deren specifische Wärmecapacität sowohl im concentrirten als auch im verdünnten Zustande. Zu diesem Ende füllte er einen Kolben von dünnem Glase, welcher 1800 Grains Wasser faſste, zuerst mit dieser Flüssigkeit, dann mit verdünnter Säure, und zuletzt mit concentrirter Säure, erhitzte ihn jedesmal bis zu der nämlichen Temperatur, die durch ein feines eingesenktes Thermometer gemessen wurde, hing ihn in einem groſsen Zimmer von gleich bleibender Wärme auf, und beobachtete die Zeiten des Erkaltens bis zu der nämlichen Temperatur nach einer genauen Uhr. Dieses erfolgte

bei Wasser von	51°,11	bis	18°,89	in	122	Minuten
bei verdünnter Säure	—	—	—	—	102	—
bei concentrirter Säure	—	—	—	—	88	—

Werden dann die enthaltenen Massen nach den specifischen Gewichten, die für verdünnte Säure = 1,152 und für concentrirte = 1,192 waren, auf Wasser reducirt[2], und berücksichtigt man ferner, daſs der Glaskolben nach seiner specifischen Wärmecapacität 150 Grains Wasser gleich kam, so gehen hieraus folgende Gröſsen hervor:

$$\text{Wasser} \ldots\ldots \frac{122' \times 100}{1800+150} = 62{,}6 \text{ Minuten}$$

$$\text{verdünnte Säure} \frac{102' \times 100}{2020+200} = 46{,}0 \text{ Minuten}$$

$$\text{concentrirte Säure} \frac{88' \times 100}{2154+250} = 36{,}6 \text{ Minuten.}$$

Aus diesen Resultaten folgert Ure, daſs, die specifische Wärmecapacität des Wassers als Einheit angenommen, die der verdünnten Säure = 0,735 und die der concentrirten = 0,586 sei, welche Gröſsen die Erfahrung einfach gebe. Diese Bestimmungen lassen übrigens noch folgende Betrachtung zu. Die verdünnte Säure bestand aus 6 Theilen concentrirter Säure und 4 Theilen Wasser. Nehmen wir nun an, daſs die specifische

---

1 Annals of Philos. 1817. T. X. p. 273. Vergl. Schweigg. Journ. XXVIII. 355.

2 Nach den angegebenen spec. Gewichten wäre $1800 \times 1{,}152 = 2$ und $1800 \times 1{,}192 = 2146$. Warum die Zahlen im Texte hiervon abweichen, vermag ich nicht aufzufinden.

Wärmecapacität der Mischung die mittlere beider Bestandtheile y, so gäbe dieses

$$\frac{6\times 0{,}586 + 4\times 1{,}00}{10} = 0{,}7516,$$

ir wenig gröfser, als die durch den Versuch erhaltene. Uebigens stimmt dieses Resultat mit der Theorie überein. Weil mlich durch Mischung der Salzsäure mit Wasser Wärme tbunden wird, so scheint dieses zu der Folgerung zu führ, dafs die specifische Wärmecapacität der vereinten Subnzen kleiner sey, als die Summe der ihren Bestandtheilen gehörigen.

420) Unter die neuesten Versuche zur Bestimmung der ecifischen Wärmecapacitäten tropfbarer Flüssigkeiten gehören von Delarive und Marcet[1], wobei sie sich für die von en auch für die Gase als die vorzüglichere gewählte Methode Abkühlung eines hohlen Cylinders von Platin, 4,775 Gramm egend, entschieden. War derselbe gefüllt und die Thermoterkugel in seine Mitte herabgesenkt, so konnte er hermetisch schlossen werden, um das Entweichen von Dämpfen selbst Vacuum zu vermeiden. Zuerst wurde der Cylinder mit asser gefüllt, um die übrigen Flüssigkeiten hiermit zu verichen; er faſste hiervon bei 10° Wärme 4,327 Gramm. ird dann das Gefäfs auf Wasser reducirt, die specifische ärmecapacität des Platins = 0,0314 angenommen, so giebt 75 × 0,0314 = 0,15 die zur Berechnung erforderliche Gröfse. e specifische Wärme des Wassers ist aber = 1, und diennach ergeben sich die numerischen Werthe in der (§. 437) her erläuterten Formel

$$c = \frac{(MC + p'c')\frac{t}{t'} - MC}{p},$$

rin c die gesuchte specifische Wärme bezeichnet. Ist die ecifische Wärme des Wassers = 1 und wird die des Plas = 0,0314 angenommen, so erhält man in Zahlen:

$$c = \frac{4{,}477 \times \frac{t}{t'} - 0{,}15}{p}.$$

1 S. die §. 399 angegebenen Quellen,

Auf diese Weise wurden die specifischen Wärmecapacitäten von 10 Flüssigkeiten gefunden, die in der angehängten Tabelle aufgenommen sind.

421) Das bei den Gasen aufgefundene eigenthümliche Verhalten, wonach ihre specifische Wärmecapacität *mit wachsenden Temperaturen zunimmt* (§. 413), hat man auch unter den tropfbaren Flüssigkeiten, mindestens beim Wasser, untersucht. Unter den früheren Bemühungen um die Beantwortung dieser Frage sind die von DE LUC[1] am bekanntesten geworden, die gröfste Aufmerksamkeit aber verdienen die von FLAUGERGUES[2], dessen Versuche mit grofser Sorgfalt angestellt worden sind, jedoch nicht mit einer solchen, welche zur Vermeidung aller mit dieser Aufgabe verbundenen Schwierigkeiten genügte. Beide Gelehrte gelangten zu dem Resultate, dafs die specifische Wärmecapacität des kalten Wassers gröfser sey, als die des heifsen, denn die durch Mischung beider erhaltene Temperatur lag unter dem Mittel, welches der halben Summe beider vereinter Theile zugehörte. DALTON[3] hat diese Frage namentlich in Beziehung auf das Wasser ausführlich erörtert, nur ist er dabei, wie auch leicht in andern Fällen, sehr dreist in seinen theoretischen Schlüssen. Es genügt ihm nicht, dabei stehn zu bleiben, was CRAWFORD und andere Gelehrte vor ihm ausgesprochen hatten, dafs die Capacitäten der Körper sich bei verschiedenen Temperaturen beinahe gleich blieben, vielmehr war er geneigt einer anderen Aeufserung jenes Gelehrten beizutreten, wonach aus dessen Versuchen mit verdünnter Schwefelsäure und mit andern Flüssigkeiten folgen sollte, dafs die Capacitäten der Körper mit der Zunahme der Temperatur wachsen. CRAWFORD hatte in Folge seiner Versuche, die *Richtigkeit der Thermometer* durch Mischung gleicher Quantitäten Wassers von ungleichen Temperaturen zu messen, bemerkt, dafs diese Resultate, falls sie auch bejahend ausfielen, das Gleichbleiben der Wärmecapacitäten bei dieser Flüssigkeit nicht zu beweisen vermöchten, denn es sey auch denkbar, dafs die Wärmecapacität des Quecksilbers auf gleiche Weise als die des Wassers zu

---

1 Vergl. Art. *Thermometer*. Bd. VIII. S. 844.

2 Journ. de Phys. T. LXXVII. p. 283.

3 Ein neues System der chemischen Theils der Naturwissenschaft Th. I. S. 58.

Digitized by Google

ehme, wonach dann das Mittel aus den Temperaturen beider ereinter Theile sich ebenso in dem gemischten Wasser, als m Thermometer zeigen müsse. Inzwischen meint Dalton, ls namentlich in Beziehung auf Wasser auch dieser Grund icht ausreiche, weil dessen Wärmecapacität in einem weit hö- eren Grade als die des Quecksilbers wachse. Als Gründe ierfür stellt er auf, dafs erstens das Volumen von einem lafs heifsen und einem Mafs kalten Wassers kleiner sey, als ie halbe Summe beider Volumina[1], mithin Verdichtung statt nde, bei Verdichtungen aber allezeit Wärme ausgeschieden erde. Zweitens aber verändere ein Körper stets seine Capa- ität durch Veränderung seines Aggregatzustandes, und zwar , dafs sie mit der Temperatur wachse, wie sich dieses beim ebergange von Eis zu Wasser und zu Dämpfen zeige. Letz- es ist nicht ganz richtig, denn nach Delaroche und Bé- ard ist die Wärmecapacität des Wasserdampfes geringer, als e des Wassers. Aus diesen Gründen ist Dalton geneigt, die nahme der Capacitäten den Zunahmen des Volumens proportio- l zu setzen, wonach sie für Wasser beim Siedepuncte viermal grofs, als bei der mittleren Temperatur sey. Um die Sache nauer zu prüfen, stellte er aufser seinen früheren Versuchen Edinburg neue an, die aber gar keine Beurtheilung zulassen, il keiner der zahlreichen bedingenden Einflüsse berücksich- gt wurde.

Unzen Wasser von	212° F.	und	2 Unzen Eis (?)	von	32° F.	gaben	200°,5
—	—	—	130°	-	—	-	—	—	—	32	—	122,0
—	—	—	50°	-	—	-	—	—	—	32	—	45,3

ersten Versuche verloren von 30 Th. Wasser jeder 11°,5 F., o zusammen 345°, und 1 Th. Wasser von 32° gewann 3°,5; der Unterschied 345 — 168,5 = 176,5 drückt die An- hl der Grade aus, welche in das Eis eindringen, um es in asser von 32° zu verwandeln[2]. Die beiden andern Versuche, f gleiche Weise berechnet, geben 150° und 128°, und da se drei Zahlen nahe in dem Verhältnifs 5:6:7 stehen, so

1 Dieses ist eine nothwendige Folge der mit den Temperaturen ehmenden Ausdehnung.

2 Was hier das Eis soll, ist nicht füglich zu entziffern; auch en steht 2 Unzen Eis, was aber eiskaltes Wasser zu bezeichnen heint.

folgt, dafs ebenso viel Wärme erfordert werde, um Wasser von niedriger Temperatur um 5 Grade, als um Wasser von mittlerer um 6 und von hoher um 7 Grade zu erheben. Dalton scheint nicht beachtet zu haben, dafs diese Folgerung mit seinen theoretischen Schlüssen im geraden Widerspruche steht, denn hiernach müfsten die Wärmecapacitäten in dem angegebenen Verhältnifs abnehmen. Eine mit wachsender Temperatur abnehmende Wärmecapacität des Wassers und einiger anderen Flüssigkeiten hat auch Ure[1] aus seinen Versuchen gefunden. Mit Anwendung des (§. 419) beschriebenen Verfahrens liefs er in dem gläsernen Kolben folgende Flüssigkeiten erkalten, und beobachtete die hierzu erforderlichen Zeiten. Es erkaltete

Wasser . . .	von	98°,89	C. bis	65°,56	in	21,50	Minuten
	—	65,56	— —	32,22	—	57,00	—
Schwefelsäure .	—	98,89	— —	65,56	—	17,00	—
	—	65,56	— —	32,22	—	39,33	—
Spermacetiöl . .	—	98,89	— —	65,56	—	12,75	—
	—	65,56	— —	32,22	—	29,00	—
Terpentinöl . .	—	98,89	— —	65,56	—	11,25	—
	—	65,56	— —	32,22	—	25,83	—

Werden diese Resultate auf die oben angegebene Weise berechnet, so erhält man für

$$\text{Wasser } \frac{21',5}{1,950} = 11',00 \text{ und } \frac{57'}{1,950} = 29',2,$$

$$\text{Schwefelsäure } \frac{17'}{3,695} = 4',6 \text{ und } \frac{39',33}{3,695} = 10',64,$$

$$\text{Spermacetiöl } \frac{12',75}{1,940} = 6',57 \text{ und } \frac{29'}{1,940} = 15',00,$$

$$\text{Terpentinöl } \frac{11',25}{1,875} = 6',0 \text{ und } \frac{25',83}{1,875} = 13',8.$$

Hieraus die Wärmecapacitäten ableitend, die des Wassers als Einheit genommen, findet Ure

---

1 Annals of Phil. 1817. T. X. p. 273. Vergl. Herschel in Encyclop. Metrop. Art. *Heat*. p. 314.

Digitized by Google

	höhere Temperaturen	niedere Temperaturen
Wasser . . .	1,000	1,000
Schwefelsäure .	0,418	0,364
Spermacetiöl . .	0,597	0,513
Terpentinöl . .	0,545	0,472

id schliefst hieraus, dafs zwar die Verhältnisse bei der Schwe-
lsäure und den beiden Oelen in beiden Reihen zu einander
oportional sind, dafs aber die specifische Wärme des Was-
s, nach seinem Verhältnisse zu den drei andern Flüssigkei-
, in niedrigeren Temperaturen weit kleiner seyn müsse, als
höheren. Giebt man sich die Mühe, dieses Verhältnifs aus
n gegebenen Bestimmungen zu berechnen, und nimmt man
erzu die mittlere Temperatur aus beiden Reihen, so würde
h die Wärmecapacität des Wassers bei 49° C. zu der bei
° C. nach der Schwefelsäure wie 1:0,8708, nach Sperma-
öl wie 1:0,8593, nach Terpentinöl wie 1:0,8650, also im
ittel wie 1:0,8650 verhalten.

422) Da gerade das Gegentheil bei den Gasen und auch
i festen Körpern statt findet, so wird dadurch mindestens
hrscheinlich, dafs dieses Resultat unrichtig sey, da es auch
fserdem mit theoretischen Gründen nicht wohl im Einklang
ht. Es was daher ein verdienstliches Unternehmen, dafs F.
Neumann[1] diese Frage durch neue Versuche zu beantwor-
n unternahm, welche er mit Anwendung aller, den neuesten
rtschritten der Wissenschaft angemessener Regeln der feine-
n Kunst des Experimentirens anstellte. Das kalte Wasser
fand sich in einem kupfernen Gefäfse, dessen Masse nach
höriger Reduction für seine specifische Wärmecapacität dem
asser hinzuaddirt wurde; das durch Wasserdämpfe erhitzte
asser flofs durch einen Hahn zum kalten, und nach gehöri-
m Umrühren zeigte ein Thermometer das erzeugte Maximum
r Temperatur der Mischung. Dieses Thermometer war nicht
ofs für das Caliber corrigirt[2], sondern auch mit einer Loupe
d einem Nonius versehn, so dafs 0,01 der Scale abgelesen
erden konnte. Mit Uebergehung des sehr ausführlichen Calcüls
nd es genügen, nur die aus drei Versuchsreihen erhaltenen

1 Poggendorff's Ann. XXIII. 40.
2 Vergl. Art. *Thermometer*. Bd. VIII. S. 940 ff.

Resultate mitzutheilen. Hiernach war das Verhältnifs der specifischen Wärme des kalten Wassers von der mittleren, bei den Versuchen erhaltenen, also von 27°,5, zu der des heifsen von 100° C. nach der ersten Versuchsreihe $= 1 - 0{,}00038$, nach der zweiten $= 1 - 0{,}0136$ und nach der dritten $= 1 - 0{,}00731$. Werden diese Gröfsen für die Abkühlung corrigirt, welche das heifse Wasser während des Herabströmens durch ungleiche Höhen erlitt, so ergiebt sich im Mittel die specifische Wärme des siedenden Wassers zu der des Wassers von 27°,5 Temperatur wie 1,0127 zu 1 und die des siedenden Wassers zu der des Wassers von 0° Wärme wie 1,0176 zu 1. Neumann bemerkt hierbei, dafs diese Gröfse, verglichen mit der Zunahme der Wärmecapacitäten fester Körper für 100° C., wie diese durch Dulong gefunden worden ist, als sehr gering erscheint, denn sie beträgt nur etwa die Hälfte des kleinsten und nur etwa ein Drittel des gröfsten von diesem gefundenen Werthes. Bei dem einzigen zusammengesetzten Körper, dem Glase, beträgt diese Zunahme als Minimum $\frac{1}{18}$, beim Wasser dagegen $\frac{1}{5}$. Aus diesen Versuchen geht nach Neumann's unbezweifelt hervor, dafs die Wärmecapacität des Wassers beim Siedepuncte gröfser sey, als beim Gefrierpuncte; zur genauen Bestimmung der Gröfse dieses Unterschiedes aber (glaubt er) seyen noch weitere Beobachtungen erforderlich, diese dürften aber mit grofsen Schwierigkeiten verknüpft seyn, sollten sie den vorliegenden an Genauigkeit gleich kommen oder gar sie übertreffen.

423) Wirklich aber sind seitdem Versuche angestellt worden, welche auf jeden Fall als ausnehmend genau gelten dürfen und zwar durch Regnault[1]. Das ausführlich von diesem beschriebene Verfahren, die specifischen Wärmecapacitäten verschiedener fester Körper zu bestimmen, wird später (§. 427) mitgetheilt werden, hier aber handelt es sich blofs um die bei verschiedenen Temperaturen ungleiche Capacität des Wassers, welche er hauptsächlich deswegen unternahm, weil er dadurch die Genauigkeit des von ihm angewandten Verfahrens prüfen wollte. Nach den Resultaten aus zwei Versuchen ergiebt sich die specifische Wärme des Wassers, wenn sie für die Temperatur zwischen 0° und 20° $= 1$ gesetzt wird,

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LXXIII. p. 1. Poggendorff's Ann. LI. 1 u. 213.

Digitized by Google

97°,63 = 1,00709 und für 98°,11 = 1,00890, woraus die Zunahme der Wärmecapacität dieser Flüssigkeit gleichfalls evident hervorgeht. Das Mittel aus diesen Werthen, nämlich 1,008, ist allerdings kleiner, als die durch NEUMANN gefundene Gröfse; dürfte man aber annehmen, dafs diese Bestimmug für den Unterschied zwischen 20° und 98° C. gelte, so würde für den Unterschied zwischen 0° und 100° das Verhältnifs 1 : 1,00976 herauskommen.

Die Bestimmungen der specifischen Wärmecapacitäten tropfbarer Flüssigkeiten, wie sie von den verschiedenen Gelehrten gefunden wurden, sind in der unten angehängten allgemeinen Tabelle enthalten.

c) Specifische Wärmecapacität der festen Körper.

424) Die Bestimmung der specifischen Wärme fester Körper ist mit weit geringeren Schwierigkeiten verbunden, als die bisher beschriebenen Versuche für tropfbare Flüssigkeiten und insbesondere für die Gase unumgänglich erforderten, und es unterliegt wohl keinem Zweifel, dafs dabei die Methode der Mischungen schon deswegen die geeignetste sey, weil die specifischen Wärmecapacitäten, so wie die specifischen Gewichte, auf Wasser als Einheit reducirt zu werden pflegen. Versuche mit festen Körpern wurden daher in grofser Zahl angestellt, sobald die Lehre von der specifischen Wärmecapacität der Körper aus den Erscheinungen des schmelzenden Eises und der ungleichen Temperatur vereinter heterogener Flüssigkeiten Eingang gefunden hatte. Auch in Beziehung auf feste Körper dürfen wir uns einer Mittheilung der unter einander rücksichtlich der angewandten Methode sehr nahe übereinstimmenden Bemühungen der älteren Physiker BLACK, IRVINE, WILKE, CRAWFORD, KIRWAN, GADOLIN und Anderer überheben. An diese reihen sich diejenigen, welche LAVOISIER und LAPLACE mit dem Eiscalorimeter anstellten, die wegen ihrer hohen Genauigkeit zugleich auch dazu dienen können, die Resultate aus den früheren Versuchen zu controliren[1]. Unter andern er-

1 Einen kleinen Beitrag lieferte TARDY DE LA BROSSY, s. Bibl. brit. T. XXXVIII. p. 201.

Digitized by Google

hitzte Wilke[1] ein Stück Glas bis 86° C., tauchte es in Wasser von 0°, und fand die erhöhete Temperatur = 12°,75. Aus solchen wiederholten, wenig abweichende Resultate gebenden Versuchen fand er die specifische Wärmecapacität des Glases = 0,1877, Lavoisier und Laplace dagegen fanden mittelst ihres Eiscalorimeters diese Gröfse = 0,1929, was nur unbedeutend abweicht. Die übrigen, von diesen Gelehrten aufgefundenen Bestimmungen sind in der unten angehängten Tabelle enthalten.

425) Inzwischen ist dieses Gebiet durch die Bemühungen neuerer Gelehrten nicht unbedeutend erweitert worden, indem sie theils die älteren Bestimmungen verbesserten, theils neue hinzufügten, wovon wir das Wesentlichste hier mittheilen wollen. Joh. Tob. Mayer[2] bestimmte vermittelst seiner Methode des Erkaltens die specifischen Wärmecapacitäten einiger gut ausgetrockneter Hölzer, namentlich des Forlenholzes = 0,600; des Lindenholzes = 0,670; des Ulmenholzes = 0,450 und des Birnbaumholzes = 0,50. Dalton[3] blieb der älteren Methode der Mischungen getreu, und erhielt hierdurch Werthe, die von den durch Wilke und Crawford gefundenen nur wenig abweichen. Er bediente sich dazu eines kleinen gläsernen Gefäfses, bestimmte dessen Wärmecapacität, und gofs dann so viel Wasser hinein, dafs das Ganze ein Gewicht Wasser gab, welches dem der eingetauchten Körper gerade gleich kam. Die zu untersuchenden Körper erhitzte er bis 100° C., senkte sie dann schnell in das Wasser und nahm an, dafs die specifische Wärmecapacität gleicher Gewichte des festen Körpers und des Wassers sich umgekehrt verhalte, wie die Veränderungen der Temperaturen, die sie erfahren. Auf diese Weise erhielt er viele Bestimmungen, die in der unten angehängten Tabelle mit aufgenommen worden sind. Der Methode der Abkühlung bediente sich auch Despretz[4], um die specifischen Wärmecapacitäten einiger Metalle aufzufinden, indem er gleich schwere Kugeln derselben mit einer Höhlung versah, in diese die Kugel eines

---

1 Schwed. Abhandl. für d. Jahr 1781.

2 V. Crell's Ann. 1798. St. 6.

3 Ein neues System des chemischen Theils der Naturwissenschaft Th. I. S. 69.

4 Ann. de Chim. et Phys. T. VI. p. 184.

Digitized by Google

ndlichen Thermometers senkte, den übrigen Raum mit
aub des nämlichen Metalles füllte, die Kugeln dann in
vegter Luft in einem grofsen Zimmer an Seidenfäden auf-
und die ungleichen Zeiten ihres Erkaltens beobachtete.
hierbei die Wirkungen der mehr oder minder bewegten
enden Oberfläche unschädlich zu machen, überzog er sie
tlich auf gleiche Weise mit dem nämlichen Firnifs, er-
sie durch einen heifsen Luftstrom 15° bis 20° über den-
n Punct, wobei die Beobachtung anfangen sollte, und las
emperaturen an dem Thermometer ab, dessen Kugel in
itte derselben hinabgesenkt war, an dessen Scale noch
Grade geschätzt werden konnten, um den Stand dessel-
it einem andern zu vergleichen, welches in 3 Fufs Ent-
ig hing, und dessen Scale noch 30stel eines Grades zu
cheiden gestattete. Die Rechnung, wodurch aus diesen
chtungen die specifische Wärme der verschiedenen Me-
gefunden wurde, beruht auf folgenden Principien. Heifst
leberschufs der Temperatur des Körpers über die der Um-
g u; die Zeit des Erkaltens von dem nämlichen Puncte
i einem andern, welche beide Puncte bei allen untersuch-
örpern gleich waren, t; die Leitungsfähigkeit, bestimmt
er Quantität der Wärme, welche die Einheit der Ober-
, auf der Temperatur des Siedepunctes des Wassers er-
, während der Einheit der Zeit in der umgebenden Luft,
er Temperatur des Gefrierpunctes bleibend erhalten, ver-
würde, h; das Volumen des Körpers v; seine Dichtig-
l; seine specifische Wärme c; die Basis der hyperboli-
Logarithmen e; so ist:

$$u = e^{-\frac{hts}{cvd}},$$

wenn man $\frac{rs}{3} = v$ setzt,

$$u = e^{-\frac{3ht}{cdr}}.$$

eine andere Zeit $= t'$ hat man daher

$$u' = e^{-\frac{3ht'}{cdr}},$$

ich $\text{Log. } u - \text{Log. } u' = \frac{3h(t'-t)\,\text{Log. } e}{cdr}$,

Digitized by Google

und hieraus:

$$c = \frac{3h\,\mathrm{Log.}\,e\,(t' - t)}{(\mathrm{Log.}\,u - \mathrm{Log.}\,u')\,dr}.$$

Sind dann ferner u und u', so wie auch h und r in den Versuchen mit verschiedenen Körpern gleich, so hat man zur Bestimmung ihrer relativen Wärmecapacitäten

$$c = \frac{t' - t}{d},$$

welches mit der Formel von J. T. Mayer (§. 382) übereinkommt. Die auf diese Weise gefundenen Bestimmungen sind zwar unter sich, aber, da sie nicht auf Wasser reducirt sind, nicht mit denen von Andern gefundenen vergleichbar; da aber Despretz selbst sie mit einigen von Andern gefundenen vergleicht, so habe ich die für Zinn von Lavoisier und Laplace gefundene Gröfse gewählt, um diese Reduction vorzunehmen und sie dadurch vergleichbar gemacht. So reducirt finden sie sich in der unten angehängten Tabelle.

426) Von vorzüglicher Wichtigkeit sind die durch Dulong und Petit angestellten Versuche[1], weil sie aufser den eigentlich gesuchten Bestimmungen zu Resultaten führten, die bis auf die neuesten Zeiten fortdauernd einen Gegenstand weiterer Untersuchungen bildeten. Diese Gelehrten gestehen zu, dafs die Methode der Mischung, oder die Anwendung des Eiscalorimeters, bei gehöriger Vorsicht sehr genaue Resultate liefern könne; weil aber die zu untersuchenden Substanzen selten in genügender Quantität vorhanden sind, was wohl vorzugsweise in Beziehung auf das Eiscalorimeter gilt, so zogen sie die Methode der Abkühlung vor, und bemüheten sich dabei hauptsächlich, die beiden Fehler, die aus der ungleichen Leitungsfähigkeit der gebrauchten Massen und der zu schnellen Abkühlung entspringen, dadurch zu vermeiden, dafs sie nur geringe Mengen anwandten und für langsames Erkalten sorgten. Letzteres liefs sich dadurch erreichen, dafs die Erkaltung nur bei Temperaturen statt fand, die 10° bis 5° über die der Umgebung betrugen. Um die Fehler der Thermometer auszugleichen, diente das nämliche Thermometer bei allen Substan-

1 Annales de Chim. et Phys. T. VII. p. 142. T. X. p. 395. Journ. de Phys. T. LXXXIX. p. 81. Mém. de l'Institut 1827. p. 147.

d by Google

o, dafs die Erkaltung von dem nämlichen Puncte bis zu
ı andern, für alle gleichen, statt fand, und durch das
en mit einer stark vergröfsernden Loupe konnte kein Irr–
in der Temperaturbestimmung höher als 0°,01 C. steigen,
uf die Bestimmung der specifischen Wärme keinen mefsbaren
ıfs mehr ausübt. Um die Wirkung der äufseren Umgebung zu
igen, wurde der zu untersuchende Körper jedesmal in einen
men, inwendig berufsten Ballon eingesenkt, welcher in
Gefäfse mit schmelzendem Eise stand, so dafs die Strahlung
die nämliche war; aufserdem waren die zu untersuchen–
ubstanzen pulverisirt, in einem Cylinder von dünnem Sil–
stgestampft, in dessen Axe der Behälter des Thermome–
ich befand, welches zum Messen der Temperatur diente,
upferne Ballon aber, in welchem dieser Cylinder erkaltete,
bis auf 2 Millim. Quecksilberdruck ausgepumpt. Wie
die erforderlichen Bedingungen erreicht wurden, ersieht
laraus, dafs selbst die dichtesten Körper, als Gold und
, nicht mehr als 30 Gramm betrugen, die Zeit des Er–
s aber mindestens 15 Minuten dauerte. Eine Vergleichung
haltenen Resultate mit solchen, die durch Mischung und
ndung eines Eiscalorimeters gefunden waren, zeigte die
Genauigkeit derselben. Dulong und Petit gelangten
ihre Versuche zu einem höchst merkwürdigen *Gesetze*,
:h die Atome aller einfachen Körper genau die nämliche
ıecapacität haben sollen, oder mit andern Worten, wenn
specifische Wärmecapacität und A das Atomgewicht be–
ıen, so ist $S = \frac{C}{A}$ und annähernd $S = \frac{0{,}375}{A}$, oder *das*
uct der specifischen Wärmecapacitäten in die Atomge–
e ist eine constante Gröfse. Wir wollen zuerst die durch
:mannten Gelehrten gefundenen Bestimmungen mittheilen,
lann bei den folgenden Untersuchungen dieses wichtige
z im Auge behalten.

Digitized by Google

Substanzen	S	A	SA
Wismuth . . .	0,0288	13,300	0,3830
Blei	0,0293	12,950	0,3794
Gold	0,0298	12,430	0,3704
Platin	0,0314	11,160	0,3740
Zinn	0,0514	7,350	0,3779
Silber	0,0557	6,750	0,3759
Zink	0,0927	4,030	0,3736
Tellur	0,0912	4,030	0,3675
Kupfer	0,0949	3,957	0,3755
Nickel	0,1035	3,690	0,3819
Eisen	0,1100	3,392	0,3731
Kobalt	0,1498	2,460	0,3685
Schwefel . . .	0,1880	2,011	0,3780

Obgleich seit der Zeit, in welche diese Versuche fallen, noch viele andere angestellt wurden, von denen die wichtigeren demnächst erwähnt werden sollen, so scheint es doch am angemessensten, ihnen zunächst die nachfolgenden anzureihen.

427) Das durch Dulong und Petit aufgestellte allgemeine Gesetz ist zwar ausnehmend wichtig und erregte daher anfangs viel Aufsehen, allein es stimmt nach der Meinung mehriger Physiker mit den neuerdings durch Mitscherlich's Gesetz des Isomorphismus und die genauen Versuche von Berzelius richtiger aufgefundenen Atomgewichten nicht überein, wie hauptsächlich Victor Regnault[1] zu zeigen sich bemüht hat. Nimmt man statt jener älteren Bestimmungen diese neueren der Atomgewichte, so weichen die Producte derselben in die specifischen Wärmen allerdings ungemein von einander ab, wie folgende Uebersicht zeigt.

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LXXIII. p. 7. Poggendorff's Ann. LI. 1 u. 213.

d by Google

Substanzen	spec. Wärme	Atom-gewichte	Pro-ducte
Wismuth . . .	0,0288	8,87	0,2553
Blei	0,0293	12,95	0,3794
Gold	0,0289	12,43	0,3704
Platin	0,0314	12,33	0,3872
Zinn	0,0514	7,35	0,3799
Silber	0,0557	13,51	0,7518
Zink	0,0927	4,03	0,3736
Tellur	0,0912	8,06	0,7350
Kupfer	0,0949	3,957	0,3755
Nickel	0,1035	3,69	0,3819
Eisen	0,1100	3,392	0,3731
Kobalt	0,1498	3,69	0,5528
Schwefel . . .	0,1880	2,011	0,3780

allend bleibt hierbei immer die bei vielen so auffallende reinstimmung neben den grofsen Abweichungen bei andern, dafs diese durch Zwischenglieder ausgeglichen werden.

428) Regnault stellte selbst eine Reihe von Versuchen nd bediente sich dabei der Methode der Mischungen. Die ntersuchenden Körper wurden als kleinere oder gröfsere ke in einen kleinen Korb aus sehr dünnem Messingdrahte t, welcher in seiner Axe eine Hülse hatte, um das zum en der erreichten Temperatur dienende Thermometer auf-hmen. Dieses Körbchen wurde zum Erwärmen mittelst Sei-iden im Wärmekasten aufgehangen, welcher aus drei con-ischen Cylindern aus Weifsblech bestand. Der innerste Fig. der A diente zur Aufnahme des Körbchens mit den zu 65. suchenden Körpern und einem Thermometer in der inne-durch die Zeichnung kenntlichen Hülse. Der ihn umge-e Cylinder BB aus Weifsblech ist stets mit siedendem serdampf erfüllt, welcher aus dem Kessel V einströmt, h das Rohr T wieder entweicht und sich im Schlangen-S verdichtet. Der äufserste Cylinder CC dient als Man-um vermittelst der eingeschlossenen Luftschicht die Ab-ung des Cylinders BB zu verhüten. Am oberen Ende ist Cylinder A durch einen Stopfer von Weifsblech bb ver-ssen, durch welchen das Thermometerrohr herausragt, am en durch einen verschiebbaren hohlen Cylinder R, gleich-aus Weifsblech, von gleicher Dicke als die äufsere Hülle

Digitized by Google

CC. Als Träger des Erwärmungsapparates dient das hohle Gefäfs DD von Weifsblech, welches mit stets erneuertem Wasser von der Temperatur der Umgebung gefüllt wird und dazu dient, um zu verhüten, dafs das Wassergefäfs beim Versuche keine Wärme vom Wärmungsapparate annimmt. In seiner Mitte ist dieser Träger durch eine der Weite des Cylinders A genau gleiche Oeffnung durchbohrt, welche während des Erwärmens durch den verschiebbaren Deckel R′ verschlossen gehalten wird, indem er durch das Verbindungsstück m am Schliefser R festsitzt; beide werden gleichzeitig mit einander herabgezogen, wenn man den Cylinder A unten öffnen will. Das Gefäfs H mit Wasser gefüllt, in welches man den Kork mit der zu untersuchenden Substanz herabsenkt, besteht aus sehr dünnem Messingblech und wird durch zwei sich durchkreuzende Seidenfäden gehalten, die an die Träger des in einer Nuth verschiebbaren Gestelles festgebunden sind. In geringem Abstand von der Wand dieses Gefäfses hängt das Thermometer, dessen Cylinder so lang ist, als die Höhe des Wassers vom Boden an beträgt, und im Durchmesser nicht ganz drei Millimeter mifst, um die Temperatur des Wassers schnell anzunehmen, zugleich aber ist 1 Centesimalgrad der willkürlich getheilten Scale in 15 Theile getheilt, und die Beobachtung geschieht mittelst eines Fernrohrs mit horizontaler Axe, welches an einem Träger mit getheilter Scale in verticaler Richtung verschoben wird, wodurch mittelst eines Nonius die Eintheilung jedes Scalentheiles in Zehntel möglich gemacht ist. Das Wasser wird in dieses Gefäfs aus einem Glase mit engem Halse geschüttet, welches genau die erforderliche Menge enthält, so dafs nach dem Einsenken des Körbchens das Gefäfs fast genau voll ist und mit kleinen Differenzen 500 Gramm Wasser enthält.

Ist das Körbchen im Cylinder A aufgehangen und hat die Erwärmung begonnen, so steigt die Temperatur zwar anfangs rasch, aber dennoch dauert es sehr lange, bis das Thermometer einen bleibenden Stand angenommen hat, welcher stets 1 bis 2 Grade unter der des Dampfes bleibt. Diesen erreicht es in etwa zwei Stunden, mufs aber dann noch eine Stunde in diesem Zustande erhalten werden, ohne um die Hälfte eines Scalentheiles, also 0°,1 C., zu variiren, denn die langsame Erwärmung ist das Mittel, allen Theilen des zu untersuchenden Körpers die nämliche Temperatur zu geben. Das

Digitized by Google

ird das Wassergefäfs eingerichtet, seine Temperatur mittelst s Fernrohrs abgelesen, die Temperatur der Umgebung nach nem empfindlichen, in der Nähe des Wassergefäfses aufge- ngenen Thermometer bestimmt, und das Wassergefäfs gerade ter den Cylinder A geschoben, indem ein Einschnitt in den eizapparat die Röhre des Thermometers aufnimmt. Nach Wegnahme des unteren Verschlusses des Cylinders A läfst man s losgebundene Körbchen in das Wassergefäfs herab; und ährend ein Gehülfe dasselbe im Wasser stets herumdreht, be- achtet man mittelst des Fernrohrs den Gang des Thermometers. nicht mehr als 0,5 Secunden (?) geschieht das Herablassen s Körbchens in das Wasser und letzteres gelangt zum Ma- mum seiner Temperatur in etwa 1 bis 2 Minuten, wenn der örper nicht ein schlechter Wärmeleiter ist, wobei noch die orsicht angewandt wurde, dem Wasser im Kühlgefäfse eine mperatur zu geben, welche 1^{0} bis 2^{0} niedriger war als die t Umgebung, weil es am Ende des Versuches diese um nahe enso viel übertraf. Aufserdem aber wurde noch eine kleine rrection für den geringen Wärmeverlust durch Strahlung gebracht, deren Gröfse durch vorläufige Versuche bestimmt ar.

429) Im Allgemeinen wird vorausgesetzt, dafs die zu un- uchenden Körper in hinlänglich grofsen Stücken vorhanden d, was aber nicht jederzeit der Fall ist. Flüssigkeiten schliefst n in gläserne Röhren von 15 Millim. Durchmesser ein, die en und unten verschlossen und bis auf einen kleinen, der sdehnung wegen gelassenen Raum ganz erfüllt sind. Diese rden in das Körbchen gelegt, und man verfährt dann, wie wöhnlich. Hierbei dauert die Abkühlung etwa 3 Minuten, d das Resultat wird wegen des vorher genau bestimmten nflusses der Glashülle corrigirt. Pulverartige Körper, als Me- lspähne und Metalloxyde, werden benetzt und zusammenge- llet, dann getrocknet, um sie in das Körbchen bringen zu nnen; mitunter kann man sie in hohlen Cylindern zusam- mpressen, wodurch sie zusammenhängend werden. Wenn es dieses nicht gelingt, so schüttet man sie in kleine Cylin- r von sehr dünnem Messing, 15 Millim. im Durchmesser und Millim. hoch, worin man sie festdrückt, und die man in s Körbchen bringt. Es geschieht dieses jedoch nur in un- rmeidlichen Fällen, weil die Resultate weniger genau werden;

denn die Zeit der Abkühlung dauert länger, und zwar 10 bis 15 Minuten. Da nach dem Princip der Methode das Maximum der Temperatur des Wassers nach dem Vorgange von Delaroche und Bérard gesucht wird, das heifst dasjenige Stadium, wobei der Körper dem Wasser ebenso viele Wärme mittheilt, als es durch Strahlung verliert, so wird hierbei vorausgesetzt, dafs dann der Körper mit dem Wasser eine gleiche Wärme habe, was aber nicht der Fall ist, wenn man mit einem schlechten Leiter operirt, und daher die Zeit, bis zum Erreichen des Maximums länger dauert. Dieses findet dann statt, wenn man auf die zuletzt angegebene Weise mit Pulvern in messingnen Behältern operirt. Regnault brachte hierbei eine Correction an, indem er die Zeiten und Grade der Erwärmung des Wassergefäfses vom Anfange an bis zum Eintritt des Maximums in eine Relation brachte; inzwischen übergehe ich dieses und bemerke nur, dafs auch bei Flüssigkeiten in Glasröhren eine etwas längere Zeit erfordert wurde, jedoch war in diesem Falle die Correction unnöthig, weil sie nur eine verschwindend kleine Gröfse gab. Auf jeden Fall können die erhaltenen Resultate für so viel genauer gelten, je kürzere Zeit bis zur Erreichung des stationären Zustandes erfordert wurde.

Für Körper, die im Wasser auflöslich sind, wählte Regnault Terpentinspiritus statt des Wassers im Kühlgefäfse, nachdem vorher durch vorläufige Versuche dessen specifische Wärme zwischen 5° und 15° Temperatur bestimmt, und die Abkühlung dieser Flüssigkeit in ihrem Gefäfse ausgemittelt war, um den durch Ausstrahlung bewirkten Wärmeverlust derselben bei den Versuchen in Rechnung zu nehmen. Uebrigens ist diese Flüssigkeit für den vorliegenden Zweck sehr geeignet, wegen ihrer grofsen Fluidität, aber der Wärmeverlust an die äufsere Umgebung ist ungleich schneller als beim Wasser wegen ihrer geringeren Wärmecapacität, welche nur 0,43 beträgt, weswegen auch die durch die nämlichen Körper in Folge des Eintauchens in ihr erzeugte Temperaturerhöhung fast 2,5mal stärker ist als diejenige, die Wasser erhält. Um zu verhüten, dafs die Veränderung, welche der Terpentinspiritus durch den Einfluss der äufsern Luft erleiden könnte, keine Unrichtigkeit in die Bestimmung der specifischen Wärme erzeugen möchte, wurden von Zeit zu Zeit Versuche mit dem nämlichen, für diesen Zweck aufbewahrten Stücke Kupfer angestellt, die daher die

Digitized by Google

nämlichen Resultate geben mufsten, so lange die Flüssigkeit keine wesentliche Veränderung erlitten hatte. Dennoch aber wurde die nämliche Quantität nur drei Wochen lang gebraucht, und Sorge getragen, dafs sie während dieser Zeit dem Einflusse der äufsern Luft so wenig als möglich ausgesetzt war.

430) Regnault's Versuche sind so gehaltreich und können so sehr als Muster für ähnliche Arbeiten gelten, dafs sie eine ausführliche Erwähnung verdienen. Das Messing des Gefäfses wog 55,15 Gramm und galt bei einer specifischen Wärmecapacität = 0,0939 für 5,18 Gramm Wasser; das Quecksilber des Thermometers wog 7,62 Gr. und giebt also ein Aequivalent von 0,251 Gramm Wasser; das Glas desselben und ein Theil der Röhre, zusammen 1,27 Gramm, gilt für 0,265 Gramm Wasser, wonach also der eingetauchte Theil des Thermometers auf Wasser reducirt 0,516 Gramm beträgt, und zu dem Gewichte des Wassers selbst noch 5,7 Gramm hinzukommen. Die reducirten Gewichte der gebrauchten Körbchen schwanken zwischen 1,284 und 0,258 Gramm. Da dieselben aber aus so dünnen Drähten bestehen, und so viel Oberfläche darbieten, zog Regnault vor, ihren Einfluss durch directe Versuche aufzufinden, die mit 10, 20 und 30 Gramm Blei angestellt wurden, dessen specifische Wärme genau bekannt ist. Er fand für das eine derselben 0,913, statt dafs die Berechnung 0,147 gegeben hatte, weswegen er die übrigen hiernach reducirte. Die Formel für die Abkühlung des Wassers ist

$$\Delta\Theta = 0°,0001386\,\Theta$$

und des Terpentinspiritus

$$\Delta\Theta = 0°,0002075\,\Theta,$$

worin Θ den Ueberschufs der Temperatur des Wassers über die Umgebung und $\Delta\Theta$ den Wärmeverlust in 1 Secunde bezeichnet. Der gesammte Wärmeverlust wurde gefunden, indem man $\Delta\Theta$ mit der Zahl der Secunden multiplicirte, während deren die Abkühlung statt fand. Diese Formeln stimmten mit einer Reihe von Versuchen überein, welche zur Ermittelung des Erkaltens von Wasser und Terpentinspiritus angestellt wurden, während man ein kleines angefülltes Körbchen stets darin bewegte.

431) Die Resultate der Versuche scheinen mir so wichtig, dafs ich die Zusammenstellung derselben in einer Tabelle, wie

Digitized by Google

diese durch Regnault gegeben worden ist, hier aufnehme, da in der am Ende mitgetheilten allgemeinen Tabelle nur die Hauptresultate Platz finden können. Voraus ist aber in Beziehung auf die Körper, deren specifische Wärme ermittelt wurde, noch zu bemerken, dafs das angewandte Messing aus 71 Kupfer, 27,6 Zink, 1,3 Blei und einer Spur von Zinn bestand. Um die specifische Wärme des Terpentinspiritus innerhalb der Temperaturen zu finden, bei denen es in den Versuchen in Anwendung kam, wurde das messingne Gefäfs mit der gewöhnlich gebrauchten Menge dieser Flüssigkeit gefüllt, und dann die Temperaturerhöhung beobachtet, welche eine gewogene Menge Kupfer in demselben erzeugte, dessen specifische Wärme vermittelst Wassers sehr genau = 0,09515 gefunden war. Das untersuchte Zink war durch Destillation gereinigt, und aufserdem wurde die Oberfläche der Körner durch verdünnte Salzsäure blank gemacht. Auch das Arsenik war auf diese Weise gereinigt. Das Cadmium war sehr rein und zeigte bei der Analyse nur ein Procent beigemischte fremdartige Substanz. Zur Reinigung des Wismuth diente ein mehrmaliges Schmelzen desselben mit 0,1 seines Gewichts Salpeter, ebenso wurde auch das Spiefsglanz gereinigt. Das Zinn war ganz reines von Banca, Nickel dagegen ist nicht leicht völlig rein zu erhalten, und seine specifische Wärme möchte daher wohl etwas zu grofs seyn. Das Palladium enthielt nur eine Spur Gold, das Scheel war aus Scheelsäure mittelst Wasserstoffs reducirt und dann stark geglüht, ebenso das Molybden und Uran, der Schwefel war durch Destillation gereinigt und dann geschmolzen, das Selen mochte wohl eine Spur von Schwefel enthalten, die aber durch Versuche nicht aufzufinden war, das Iod war durch Destillation gereinigt, das Iridium war vermuthlich nicht rein, da man es selten so erhält, denn es hatte nur 13,176 specifisches Gewicht, statt dafs man ihm gewöhnlich 15,683 beilegt, und die gefundene specifische Wärme mufs daher etwas zu grofs seyn. Kohlenstoff wird gleichfalls sehr schwer rein erhalten, und ist dann nur in feinster Pulverform vorhanden, welche für diese Art der Versuche als die ungünstigste gelten mufs; Regnault begnügte sich daher den Versuch mit feinem Pulver von Holzkohle anzustellen, die mit Salzsäure rein ausgewaschen war, wozu er etwas concentrirte Zuckerlösung setzte und dann die Masse nochmals

Digitized by Google

calcinirte, um eine poröse Masse zu erhalten, die er in das Drahtkörbchen legen konnte; inzwischen kann die gefundene specifische Wärme nicht absolut genau seyn, denn es zeigte sich eine wahrnehmbare Menge Asche der Kohle beigemengt, die auf die Bestimmung der specifischen Wärmecapacität einen Einfluſs ausüben muſste[1]. Der Phosphor wurde in Glasröhren eingeschlossen, und auf diese Weise nur bis 30° C. mittelst einer besondern Vorrichtung erhitzt in das Kühlgefäſs mit Terpentinspiritus gebracht, weswegen die gefundene specifische Wärme wohl nicht absolut genau seyn mag. Weil aber Avogadro diese fast dreimal so groſs gefunden hat, so stellte Regnault noch einige Versuche an, wobei der Phosphor im gewöhnlichen Apparate bis nahe an 100° C. erwärmt und dann im Wassergefäſse abgekühlt wurde. Hierbei enthielt das Resultat offenbar zugleich die Flüssigkeitswärme, aber dennoch blieb es noch bedeutend hinter dem durch Avogadro gefundenen zurück. Mangan ist nicht wohl rein in metallischer Form zu erhalten, und das mit Kohlenpulver stark geglühete muſste daher einen beträchtlichen Zusatz von Kohlenstoff enthalten, weswegen das Resultat nicht als völlig genau gelten kann. Folgende Tabelle enthält eine Uebersicht der gefundenen und berechneten Gröſsen.

1 Ueber die specifische Wärme des Kohlenstoffs vergl. §. 447.

Digitized by Google

Substanzen	spec. Wärme	Mittel	spec. Wärme nach Dulong	Atomgewichte	Producte
Messing . . .	0,09404 0,09378	0,09391	. . . .	. . . .	. . . .
Glas	0,19768	0,19768	. . . .	. . . .	. . . .
Wasser von 0° bis 100° . .	1,00709 1,00890	1,00800	. . . .	. . . .	. . . .
Terpentinspiritus	0,42988 0,42067 0,42089 0,42745 0,42476	0,42593	. . . .	. . . .	. . . .
Eisen	0,11362 0,11373 0,11322 0,11284 0,11397	0,11379	0,1100	339,21	38,597
Zink	0,09589 0,09528 0,09548 0,09537	0,09555	0,0927	403,23	38,526
Kupfer	0,09546 0,09497 0,09480	0,09515	0,0949	395,70	37,649
Cadmium . . .	0,05695 0,05673 0,05639	0,05669	. . . .	696,77	39,502
Silber	0,05739 0,05691 0,05685 0,05679 0,05712	0,05701	0,0557	675,80	38,527
Arsenik . . .	0,08163 0,08205 0,08114 0,08081 0,08136 0,08117	0,08140	0,0810	470,04	38,261
Blei	0,03134 0,03177 0,03109 0,03137 0,03145 0,03129 0,03150 0,03133	0,03140	0,0293	1294,50	40,647

Google

Substanzen	spec. Wärme	Mittel	spec. Wärme nach Dulong	Atomgewichte	Producte
	0,03082				
	0,03089				
Wismuth . . .	0,03081	0,03084	0,0288	1330,37	45,034
	0,03084				
	0,03093				
	0,05113				
	0,05037				
Antimon . . .	0,05084	0,05077	0,0507	806,45	40,944
	0,05076				
	0,05065				
	0,05624				
	0,05619				
Zinn, indisches . . .	0,05652	0,05623	0,0514	735,29	41,345
	0,05623				
	0,05601				
Zinn, englisches . . .	0,05685	0,05695	. . . .	. . . .	. . . .
	0,05705				
	0,10873				
Nickel	0,10838	0,10863	0,1035	369,68	40,160
	0,10878				
	0,10685				
Kobalt	0,10707	0,10696	0,1489	368,99	39,468
	0,10629				
	0,10784				
	0,03279				
	0,03246				
	0,03227				
Platinblech . .	0,03224	0,03243	0,0314	1233,50	39,993
	0,03238				
	0,03268				
	0,03263				
Platinschwamm .	0,03305	0,03293	. . . .	. . . .	. . . .
	0,03281				
	0,05974				
Palladium . .	0,05893	0,05927	. . . .	665,90	39,468
	0,05916				
Gold	0,03250	0,03244	0,0298	1243,01	40,328
	0,03238				
	0,20446				
Schwefel . . .	0,20179	0,20259	0,1880	201,17	40,754
	0,20153				
	0,08349				
Selen	0,08396	0,08370	. . . .	494,58	41,403
	0,08368				

Digitized by Google

Substanzen	spec. Wärme	Mittel	spec. Wärme nach Dulong	Atomgewichte	Producte
Tellur	0,05040 0,05194 0,05177 0,05205	0,05155	0,0912	801,76	41,340
Iod	0,05423 0,05401	0,05412	0,08900	789,75	42,703
Uran	0,06239 0,06191 0,06140	0,06190	. . . .	677,84	41,950
Scheel . . .	0,03683 0,03616 0,03606	0,03636	. . . .	1183,00	43,002
Molybden . .	0,07254 0,07182	0,07218	. . . .	598,52	43,163
Nickel, nicht geschmolzen	0,11136 0,11207 0,11232	0,11192	. . . .	369,68	41,376
Nickel, geschmolzen	0,11670 0,11586	0,11631	. . . .	369,68	42,990
Cobalt . . .	0,11619 0,11782 0,11734	0,11712	. . . .	368,99	43,217
Stahl	0,11789 0,11826	0,11848	. . . .	339,21	40,172
Stahl, feiner	0,12728	0,12728	. . . .	339,21	43,174
Gufseisen . .	0,12983	0,12983	. . . .	339,21	44,038
Kohle	0,24111	0,24111	0,25000	152,88	36,873
Phosphor 10° bis 30° . .	0,18956 0,18780	0,18870	0,38500	196,14	37,024
Phosphor 0° bis 100° C.	0,25250 0,25034	0,25146	. . . .	. . . .	. . .
Iridium (unrein) . . .	0,03715 0,03663 0,03672	0,03683	. . . .	1233,50	45,428
Mangan (unrein) . . .	0,14244 0,14578	0,14411	. . . .	345,89	49,848
Quecksilber	0,03318 0,03361 0,03343	0,03332	0,0330	1265,82	42,149

by Google

Im Ganzen stimmen die hier mitgetheilten Gröfsen mit den rch Dulong und Petit gefundenen genau genug überein, s sehr für ihre Richtigkeit zeugt. Regnault meint, die von n erhaltenen Bestimmungen seyen im Allgemeinen etwas ifser als die jener Beobachter, was er davon ableitet, dafs se die im Wasser erwärmten Körper ins Kühlgefäfs trugen, durch eine geringe Abkühlung entstehn mufste; inzwischen ein solcher constanter Unterschied kaum merkbar.

432) Handelt es sich um die Frage, ob das von Dulong l Petit aufgestellte Gesetz gültig sey, so ist allerdings das oduct der Atomgewichte in die specifischen Wärmen nach hier mitgetheilten Tabelle keine constante Gröfse, vielmehr wanken diese Producte zwischen 38 und 42 (denn es kann rbei blofs von einfachen Körpern und von denjenigen Bemmungen die Rede seyn, die keine erweislichen Unrichtigten einschliefsen, wie z. B. die des Mangans und Irids), in auch dieser Unterschied ist gröfser als er bei der Geügkeit der Versuche seyn dürfte. Regnault zählt indefs hrere Ursachen auf, welche die Gröfse der specifischen ärme der Körper bedingen. Dahin gehört namentlich dieige Wärme, welche die Körper flüssig macht, und daher on vor dem Eintritt dieses Flüssigkeitszustandes wirksam n soll. Aufserdem aber ist die gemessene specifische Wärme jenige, welche den Körper zugleich ausdehnt, sofern er mit n Uebergange von einer Temperatur zu einer höheren zuich eine Vergröfserung seines Volumens erleidet, und die n daher die *Ausdehnungswärme* nennen könnte. Sie ist r grofs in den gasförmigen Körpern, weit geringer in den ssigen und festen, und mufs, wie Regnault meint[1], die cifische Wärme nothwendig veränderlich machen. Hierzu mmt, dafs man bei der Bestimmung der specifischen Wärme n einer beliebigen Temperatur ausgeht, die zu der physien Beschaffenheit der einzelnen Körper, z. B. zu ihrer gegeren oder gröfseren Strengflüssigkeit, in keinem nothwendin Zusammenhange steht; was um so wichtiger erscheint, nn man berücksichtigt, dafs die specifische Wärme mit der nahme der Temperatur wächst. Endlich ist zu berücksichen, dafs auch mit der Dichtigkeit der nämlichen Körper ihre

1 Vergl. die hierüber angestellten Betrachtungen in §. 403 ff.

Digitized by Google

specifische Wärme abnimmt. So zeigte Kupfer in zwei Versuchen 0,09501 und 0,09455, nach starkem Hämmern aber 0,09360 und 0,09332, und nach dem Ausglühen 0,09493 und 0,09479, wogegen Blei und Zinn nach dem Pressen keine Vermehrung weder der Dichtigkeit nach der specifischen Wärme zeigten. Wäre es möglich alle diese Bedingungen mit in die Gleichung aufzunehmen, so würde sich wohl ohne Zweifel das aufgestellte Gesetz als genau mit der Erfahrung übereinstimmend zeigen.

Was Regnault ferner über die Genauigkeit der gangbaren, meistens durch Berzelius aufgefundenen Bestimmungen der Atomgewichte sagt, wage ich nicht zu würdigen; bemerkt werden mufs jedoch, dafs einige in der Tabelle aufgenommene von jenen bekannten des schwedischen Chemikers bedeutend abweichen, und zwar aus Gründen, die zugleich ausführlicher erörtert worden sind. Werden die früheren Bestimmungen beibehalten, so zeigen sich auch dann noch einige sehr starke Abweichungen von dem aufgestellten Gesetze, von der andern Seite aber zeigt sich dieses in vielen Fällen so ausnehmend richtig, dafs man kaum umhin kann, dasselbe als wirklich existirend anzunehmen. Wir werden aber in der Folge sehen, dafs der Annahme desselben immer noch bedeutende Schwierigkeiten entgegenstehn, und es auf jeden Fall noch zu früh seyn würde die Atomgewichte der einfachen Körper aus ihren specifischen Wärmecapacitäten bestimmen zu wollen.

433) Für eine noch gröfsere Menge von Körpern als die so eben angegebenen hat Neumann[1] die specifischen Wärmecapacitäten bestimmt. Unter den drei hierzu anwendbaren Methoden, der Mischung, des Calorimeters und der Abkühlung, sind die beiden ersten direct, und die Anwendung des Calorimeters schien ihm vor den andern den Vorzug zu verdienen, sobald grofse Massen zu Gebote stehn; inzwischen hielt er es doch für geeigneter, sich zuvor durch die Methode der Mischung von der Zulässigkeit der indirecten Methode der Abkühlung zu überzeugen und dann zu dieser überzugehn. Bei der Genauigkeit der angestellten Versuche gewährt also diese Arbeit zugleich noch den Vortheil, beide von dem nämlichen

1 Poggendorff's Ann. XXIII. 1.

Digitized by Google

rperimentator angewandte Methoden mit einander zu ver-
eichen. Wir übergehn hier die Mittel, wodurch Neumann
i der Anwendung der Methode der Mischung die erforderli-
en Correctionsgröfsen auffand, weil sie sich zunächst auf die
n ihm gewählte eigenthümliche Verfahrungsweise beziehn,
gleich sie auch im Allgemeinen viele wichtige Belehrungen
thalten, die bei der Anstellung solcher Versuche der Beach-
ig sehr werth sind. Bei der Methode der Mischung wird
mlich vorausgesetzt, dafs zuerst die Temperatur des erhitzten
rpers sowohl, als auch des Wassers, worein derselbe ge-
cht wird, in allen Theilen ihrer Masse genau bekannt sey,
s zweitens beide nach der Mischung zu einer durchaus glei-
n und genau bestimmten Temperatur gelangen und dafs drit-
s für beide keine Wärme weder von aufsen hinzukomme,
ch dahin abgeleitet werde. Diese Bedingungen sind jedoch
wer in gröfster Strenge zu erreichen, und die hieraus er-
chsenden Fehler müssen daher nach den Umständen der Ver-
he corrigirt werden. Neben der Methode der Mischung
rde auch die der Abkühlung angewandt, und diese geschah
ch Dulong's Angabe im luftverdünnten Raume. Das dabei
brauchte Thermometer hatte zum Gefäfs einen Cylinder, über
elchem eine messingene Scheibe mit einem Schraubenge-
nde an ihrem Rande festgelackt war, um einen auswärts
rgoldeten hohlen messingnen Cylinder so darauf zu schrauben,
fs das Gefäfs des Thermometers sich in dessen Axe befand.
er Zwischenraum wurde mit der zu untersuchenden, sehr fein
pulverten Substanz ausgefüllt, und dann auf den hohlen mes-
ngnen Cylinder ein dünner, gleichfalls aufsen vergoldeter
eckel gesteckt, wobei die Weite des Zwischenraumes etwa
5 Lin. betrug. Dieser Apparat wurde in ein weites, inwen-
g geschwärztes, messingnes Gefäfs so gestellt, dafs er die
litte desselben einnahm und die Thermometerscale frei her-
orragte; auf das messingne Gefäfs war eine Campane luftdicht
eschraubt, und es wurde dann dasselbe nebst der Campane
ittelst einer Luftpumpe evacuirt. Das Erwärmen dieser Vor-
chtung geschah durch Eintauchen in warmes Wasser, die
bkühlung durch Eintauchen in solches, welches die Tempe-
atur des Zimmers hatte, und dann wurde die Zeit der Ab-
ühlung von 10° C. bis 1°,25 Ueberschufs über die Wärme
es Wassers genau gemessen. Das vorher wegen des Calibers

corrigirte[1] Thermometer war so getheilt, dafs 3,24 Theile 1° ausmachten, dasjenige aber, welches zum Messen der Temperatur des Wassers diente und mit jenem vorher genau verglichen war, gab auf seiner Scale 0°,2 R. an; die Beobachtung des inneren geschah mit einer Loupe, und da das Zusammenfallen der Oberfläche des Quecksilberfadens mit dem Theilstriche sich scharf unterscheiden läfst, so fand kein parallactischer Fehler statt. Der Luftdruck im Gefäfse, welcher 10 bis 20 Linien betrug, gab ein Manometer an.

Es liegt in der Natur dieser Methode, dafs die Zeit binnen deren das Thermometer von einem bestimmten Ueberschusse der Temperatur über die des Wassers zu einem andern herabgeht, das Verhältnifs der Wärmecapacitäten des vergoldeten Cylinders und der in ihm enthaltenen verschiedenen Substanzen geben. Inzwischen ergab sich, dafs die nämlichen Substanzen unter gleichen Bedingungen nicht stets gleiche Resultate gaben, sondern Abweichungen zeigten, die gröfser waren, als dafs man sie aus Beobachtungsfehlern ableiten konnte. Neumann vermuthete daher, dafs sie vom Luftdrucke auf das Thermometer, hauptsächlich aber von einem Reste im Innern des evacuirten Gefäfses vorhandener Feuchtigkeit herrührten, weswegen später der evacuirte Apparat mit einer in ihm befindlichen Schale voll Chlorcalcium erst eine Nacht hindurch stehn blieb, was einen günstigen Erfolg gewährte. Demnächst war erforderlich, den Einflufs des Thermometers und des vergoldeten Cylinders zu ermitteln, welches zuerst durch die Methode der Mischung geschah, wobei die specifische Wärme des Quecksilbers = 0,033; des Glases = 0,177; des Messings =0,093 erhalten ward, demnächst aber auf directem Wege durch Versuche, wobei der Apparat mit vier verschiedenen Körpern von bekannter Wärmecapacität gefüllt wurde, nnd es zeigte sich hierbei die Zulässigkeit dieses letzteren Verfahrens.

434) Sofern durch Neumann in seinen ebenso mühsamen als mit gröfster Sorgfalt angestellten Versuchen die specifischen Wärmecapacitäten der nämlichen Körper nach zwei Methoden, der der Mischung und der der Abkühlung, bestimmt wurden, ist es interessant, die Resultate beider mit einander zu vergleichen, um so mehr, als die Bestimmungen vermittelst

---

1 Vergl. Art. *Thermometer*. Bd. IX. S. 940.

Digitized by Google

ersteren Methode theils durch Anwendung gröfserer Stücke, he frei eingetaucht wurden, theils mit Pulver, welches in n Gefäfse enthalten war, erhalten sind. Hierzu dient die folgende Tabelle, worin jedoch blofs die Mittelwerthe aus g abweichenden einzelnen enthalten sind.

Substanzen	spec. Gewicht	Methode der Mischung im Gefäfse	Methode der Mischung frei	Methode der Abkühlung
Schwerspath	4,429	0,1070	. . .	. . . .
Cölestin	3,955	. . . .	0,1300	. . . .
Anhydrit	2,955	0,1854	. . . .	0,169
Schwefelkies	5,042	0,1323	0,131	. . . .
Speerkies	4,882	0,1332	. . . .	. . . .
Arragonit	2,926	0,1966	. . . .	. . . .
Kalkspath	2,750	0,2015	0,2093	0,195
Bitterkalkspath	2,914	0,2179	. . . .	. . . .
Gurhofian	. . .	. . . .	0,2168	. . . .
blättriger Magnesit	3,037	0,2270	. . . .	. . . .
Spatheisenstein	3,872	0,1820	. . . .	0,183
Galmei	. . .	. . . .	0,1712	0,161
Rotheisenstein	5,079	. . . .	0,1660	. . . .
Eisenglanz	. . .	. . . .	. . . .	0,163
Bergkrystall	2,610	0,1894	. . . .	. . . .
Schwefel	. . .	. . . .	. . . .	0,209
Antimon	. . .	. . . .	. . . .	0,047
Zinnober	. . .	. . . .	. . . .	0,052
Realgar	3,240	. . . .	. . . .	0,130
rothes Quecksilberoxyd	. . .	. . . .	. . . .	0,049
Wismuthmetall	. . .	. . . .	. . . .	0,027
grau Spiefsglanz	4,603	. . . .	0,083	0,092
Bleiglanz	7,568	. . . .	0,044	0,053
Blende	4,060	. . . .	0,113	0,112
Zinkoxyd	. . .	. . . .	. . . .	0,132
Uranoxydul	. . .	. . . .	. . . .	0,106
Uranpecherz	. . .	. . . .	. . . .	0,106
Kupferoxyd	. . .	. . . .	. . . .	0,137
Chromoxyd	. . .	. . . .	. . . .	0,196
Zinkstein	. . .	. . . .	. . . .	0,090
Molybden	. . .	. . . .	. . . .	0,102
Mennig	. . .	. . . .	. . . .	0,061
antimonichte Säure	. . .	. . . .	. . . .	0,130
Magnesia	. . .	. . . .	. . . .	0,276

Neumann bediente sich später eines mehr vervollkommne Apparates, und erhielt mittelst desselben noch einige Besti mungen, die auf einen sehr hohen Grad von Genauigkeit Recht Ansprüche machen, hauptsächlich weil der erwärmte parat sehr schnell in das Wassergefäfs gebracht wurde, daher aus dem Wärmeverluste während der früher hierzu forderlichen längeren Zeit kein Fehler erwachsen konnte. Bestimmungen, welche als die Endresultate seiner Versuche betrachten sind, enthält die unten angehängte Tabelle.

435) Minder zahlreiche Bestimmungen der specifis Wärme einzelner Körper sind unter andern die von E. G. scher [1], welcher die des reinen Kiessandes durch die Meth der Mischung aus 14 Versuchen = 0,190 fand. Von gr Wichtigkeit ist aber ein Beitrag, welchen Rudberg [2] zur sung des vorliegenden Problems geliefert hat, indem er neues Mittel angiebt, die Wärmecapacitäten der im W löslichen Salze durch diese Lösungen selbst zu bestimmen, *Methode*, welche als eine eigenthümliche Modification der Mischungen zu betrachten seyn dürfte, sich aber sehr d ihre Einfachheit empfiehlt. Es sey M die auflösende Was masse, T deren Temperatur, m, c, t die Masse, specifi Wärme und Temperatur der aufgelösten Salzes, die des W sers als Einheit angenommen, τ die Temperatur der Flüssig nach der Auflösung und λ die dabei gebundene oder frei dende Wärme, so ist die letztere Gröfse zusammengesetzt der bei der Lösung des Salzes latent werdenden Wärme, der durch Volumensänderung sich entwickelnden und aus durch chemische Verbindung erzeugten, falls diese statt fi Ohne diese einzeln zu berücksichtigen ist gewifs, dafs Summe, sie sey positiv oder negativ, nothwendig der S masse proportional und zugleich unveränderlich seyn müsse lange das Verhältnifs des Salzes zum Wasser nicht geän wird. Ist also in zwei Versuchen dieses Verhältnifs cons die Temperatur des Salzes aber ungleich, so erhält man gende zwei Gleichungen

$$M(T-\tau) + mc(t-\tau) = m\lambda),$$

---

1 Lehrbuch der mechanischen Naturlehre. 3te Aufl. Th. I. S.

2 Aus Berzelius Jahresbericht für 1834 in Poggendorff's XXXV. 474.

Google

ler da $M = \mu m$ ist, im ersten Versuche:

$$\mu(T - \tau) + c(t - \tau) = \lambda,$$

zweiten aber

$$\mu(T' - \tau') + c(t - \tau') = \lambda,$$

raus λ eliminirt, und c oder die spceifische Wärmecapacität funden werden kann. RUDBERG theilt zwei Probeversnche t, durch die er im Mittel die Wärmecapacität des Kochsal- = 0,1743 und der schwefelsauren Talkerde mit Krystall- sser = 0,2906 fand, ohne hierbei gerade die schärfste Ge- igkeit zu beabsichtigen.

436) Die älteren Bestimmungen der specifischen Wärme iger zu optischen Apparaten dienender Metalle, und nicht nder auch die von DALTON angegebenen, fand R. POTTER[1] unzulässig, zugleich aber die durch DULONG und PETIT er- tenen von diesen so ungemein abweichend, dafs er sich um mehr zu eigenen Versuchen entschlofs, als es ihm unver- hlich schien, dafs die letzteren Gelehrten eben der bedeu- den Unterschiede wegen die von ihren Vorgängern ange- ndte Methode der Mischungen verliefsen, welcher er aufser r Einfachheit auch deswegen den Vorzug einräumt, weil n die Fehler leicht beseitigen kann, wenn man zuerst die lseren Körper in kälteres Wasser, dann aber die kälteren rper in heifseres Wasser taucht, und in beiden Fällen die eugte gemeinschaftliche Temperatur mifst. Dieses ist aller- gs unbestreitbar richtig, allein wenn man die anfangs durch TTER mittelst beider Verfahrungsarten gefundenen Werthe einander vergleicht, so zeigt sich eine so bedeutende Ab- chung unter ihnen, dafs man kaum umhin kann, entweder Methode im Allgemeinen, oder, da diesem anderweitige inde entgegenstehn, der durch ihn angewandten Art des Ex- imentirens sein Vertrauen zu entziehn. So fand er für Stahl ch das erste Verfahren die specifische Wärme = 0,113, ch das zweite 0,200, für Spiegelmetall durch jenes 0,075, ch dieses 0,223. Später glaubte er die Fehler dadurch zu meiden, dafs er grofse Massen der einzutauchenden Substanz m, denn das Gefäfs, dessen er sich bediente, fafste nur 00 Grains Wasser, und bei den Versuchen mit Blei tauchte

1 Edinburgh Journ. of Sc. N. Sér. N. IX. p. 75.

er 8000 Grains dieses Metalls in 2000 Grains Wasser. Indem er dann mit gröfserer Vorsicht experimentirte, auch die gebrauchten Thermometer gehörig prüfte, erhielt er genauer übereinstimmende Resultate, die in der unten angehängten Tabelle mit aufgenommen sind.

437) Noch haben wir eine der wichtigsten Arbeiten in diesem Gebiete zu erwähnen. Delarive und Marcet, deren Bemühungen um die Auffindung der specifischen Wärmecapacitäten mehrmals erwähnt worden sind, haben diese seit 1830 anhaltend fortgesetzt[1]. Sie bedienten sich dabei der durch Dulong und Petit angegebenen Methode der Abkühlung, indem sie die in geeigneten Gefafsen eingeschlossenen Substanzen zuerst im leeren Raume, dann während des Vorbeistreichens eines eindringenden Gases oder Dampfes von niedrigerer Temperatur und bestimmter Menge erkalten liefsen, und die hierzu erforderliche Zeit mafsen. Ist dann das Verhältnifs der specifischen Wärme der Gasart oder des Dampfes und der Unterschied der Geschwindigkeit des Erkaltens bekannt, so läfst sich hieraus die specifische Wärmecapacität bestimmen. Statt der von Dulong und Petit gebrauchten Cylinders von Silber nahmen sie eine hohle Kugel von Gold, ungefähr 12 Millim. im Durchmesser haltend und 3 Gramm schwer, für die tropfbaren Flüssigkeiten dagegen ein cylindrisches Gefafs von Platin, 4 Kubikcentimeter enthaltend und 4,775 Gramm schwer, oder eine hohle Kugel von Platin. Die festen Körper wandten sie als feines Pulver an, um den Fehlern zu entgehen, die daraus entspringen, dafs die sämmtlichen Theile wegen schlechter Durchleitung nicht insgesammt die nämliche Temperatur haben. Der Kugel gaben sie deswegen den Vorzug, weil sich das empfindliche Mefsthermometer in ihrer Mitte befand und die Wärme nach allen Seiten hin gleichmäfsig abgegeben wurde. Übrigens war die Art des Experimentirens gerade so, wie die für die Gasarten angewandte, aufser dafs das Schlangenrohr fehlte, und dafs sie die umgebende kupferne Kugel nach dem Exantliren in Eiswasser senkten, wenn sie die Zeiten des Erkaltens mafsen (§. 399). Das Thermometer gestattete seiner kleinen Kugel ungeachtet vermittelst einer Loupe das Ablesen

1 L'Institut. 1840. VIIIme Ann. N. 335. Ann. de Chim. et Phys. T. LXXV. p. 232.

Digitized by Google

n 0,05 und selbst von 0,005 eines Centesimalgrades; da es
ch aber blofs um eine genaue Vergleichung handelte, so hat-
n sie den Punct der Scale, von wo aus sie die Erkaltung
afsen, und denjenigen, bis zu welchem das Thermometer
ken mufste, durch sehr feine Linien bezeichnet. Meistens
obachteten sie das Sinken des Thermometers nur von 15° bis
5°. Es versteht sich von selbst, dafs sie bei diesen Ver-
chen den Einflufs des Thermometers und der Kugel nicht
rgafsen, deren specifische Wärmecapacitäten sie durch Ver-
eichung mit Kupfer bestimmten, dessen specifische Wärme
0,095 gegen Wasser als genau aufgefunden gelten kann.
r Berechnung bedienten sie sich der bekannten Formel. Ist
die gesuchte Wärmecapacität der Substanz, p ihr Gewicht,
die specifische Wärme des Kupfers und p′ dessen Gewicht,
C das Product der Masse in die Wärmecapacität der golde-
n Kugel, des Glases und des Quecksilbers, welche zum
parate gehörten, ist ferner t die Zeitdauer des Erkaltens in
unden, wenn die Kugel mit derjenigen Substanz erfüllt ist,
en specifische Wärme c und deren Gewicht p ist, t′ dage-
n die Zeit des Erkaltens um gleiche Grade, wenn sie mit
pfer erfüllt ist, so hat man

$$\frac{MC + pc}{MC + p'c'} = \frac{t}{t'}, \text{ also } MC = \frac{p'c't - pct'}{t' - t},$$

rin c bekannt seyn mufs, was man finden kann, wenn MC
annt ist.

Unter den untersuchten Substanzen, deren specifische Wär-
capacitäten in der angehängten Tabelle aufgezeichnet sind,
rdient hauptsächlich der Kohlenstoff eine nähere Betrach-
g, dessen specifische Wärme von den verschiedenen Beob-
tern sehr abweichend angegeben wird, obgleich eine richtige
stimmung derselben zur Prüfung des Dülong'schen Gesetzes
r wichtig wäre. Gegen den Einflufs der Wasserdämpfe in
r kupfernen Abkühlungskugel, welcher so leicht Fehler her-
führen kann und daher nach Regnault die ganze Methode
sicher macht, glauben Delarive und Marcet sich genü-
nd gesichert zu haben, weniger leicht schien es ihnen aber,
n Einflufs des ungleichen Leitungsvermögens der untersuch-
n Substanzen zu beseitigen, den sie hauptsächlich auch bei
r Kohle wahrzunehmen glaubten. Ihre Bestimmung der spe-

Digitized by Google

cifischen Wärme derselben = 0,165 wich bedeutend von der
Regnault gefundenen = 0,25 ab; sie stellten daher neue
suche mit sehr reiner, aus Candiszucker bereiteter und fe
gestampfter Kohle an, erhielten aber ein noch geringere
sultat = 0,14. Es glückte ihnen indefs, durch grofse
und mit bedeutenden Kosten eine hinlängliche Menge
mantstaub anzuschaffen, und ein glücklicher Zufall ge
dann bei den Versuchen eine leichte und unmittelbare V
chung mit Kupfer. Die goldene Kugel mit dem Therm
für sich wog 4,338 Gramm, mit Diamantstaub angefül
sie 10,717 Gramm, mit Kupferfeilig angefüllt 12,343 G
Die Erkaltung von 11° bis 3° C. dauerte beide Male 12
cunden. Hiernach war also in der Formel für

$$c = \frac{(MC + p'c')\frac{t}{t'} - MC}{p},$$

$t = t'$, und sie verwandelte sich daher in

$$c = \frac{p'c'}{p},$$

woraus sie $c = 0{,}1192$ erhielten. Hiernach halten sie
fraglich, ob nicht die Ungleichheit der erhaltenen R
eine Folge aufgenommener Gase, namentlich des Wass
sey, welches die Kohle so begierig absorbirt, und ob die
überhaupt in ihrem verschiedenen Aggregatzustande die
che Wärmecapacität beibehält.

438) Es war bereits wiederholt davon die Rede, d
Wärmecapacität der Körper nicht bei allen Temperature
selbe sey. Der Erste, welcher diese Frage mehr in An
brachte und mit der Theorie über das Verhalten der
überhaupt zu vereinigen, als durch genügende Versuche
antworten suchte, war Dalton[1]. Da aber die Bestimm
der specifischen Wärme an sich zu den schwierigern An
gehören und die Unterschiede bei verschiedenen Tempe
nicht eben grofs, also auch nicht leicht genau zu er
sind, so geschah im Ganzen nicht viel zur Erledigung
Aufgabe. Inzwischen haben wir gesehn (§. 411), dafs

1 Ein neues System des chemischen Theiles der Naturwis
Th. I. S. 58.

Digitized by Google

ssac die specifische Wärme der Gase bei höheren Tempe-
uren gröfser fand, als bei niedrigern, in Beziehung auf tropf-
e Flüssigkeiten wurde diese Frage vielfach erörtert (§. 421),
zuverlässiges Resultat, wonach allerdings beim Wasser, und
it höchst wahrscheinlich bei allen tropfbar-flüssigen Kör-
n, die specifische Wärme gleichfalls mit der Zunahme der
nperatur wächst, ist nur das durch Neumann gefundene zu
achten; in weit gröfserem Umfange ist aber für feste Kör-
dieses eigenthümliche Gesetz genügend erwiesen worden.
long und Petit[1] bedienten sich hierzu der Methode der
chungen, wählten einige nicht zu leichtflüssige Metalle, de-
sie zur Gewinnung einer gröfseren Oberfläche die Form
ter Ringe von 1 bis 3 Kilogramm Gewicht gaben, erhitz-
sie, wenn ihre Wärme nur bis zum Siedepuncte reichen
e, in Wasser, für höhere Temperaturen aber in Quecksilber,
wenn sie durch letzteres angegriffen wurden, in einem Bade
Oel, wobei die anhängende Flüssigkeit mit in Rechnung
acht wurde. Die zum Eintauchen bestimmte Masse war je-
eit sehr grofs, so dafs eine Temperaturerhöhung von etwa
bis 6° C. über die der Umgebung erzeugt wurde; die Mes-
geschah mit einem Thermometer, woran sich noch 0°,01
rscheiden liefs, und der Einfluſs des sehr dünnen, auf drei
zen ruhenden Gefäfses von Weifsblech wurde mit in die
chnung aufgenommen. Aufserdem war dasselbe (nach Rum-
d's Methode) entweder vor dem Experimente so viel käl-
als seine Temperatur nach demselben die der äufseren Um-
ng übertraf, oder es hatte diese Temperatur der Umgebung
h anfangs, und der geringe Einfluſs der Strahlung ward
derjenigen Gröfse corrigirt, welche sich aus Versuchen
die freie Erkaltung desselben ergab. Die ersten Ver-
e betrafen das Eisen, welches sich wegen seiner grofsen
cität am meisten hierzu eignete. Hierbei fanden sie aus
rmals wiederholten Versuchen im Mittel:

e Capacität des Eisens von 0° bis 100° C. = 0,1098
· — — — — 0 — 200 — = 0,1150
· — — — — 0 — 300 — = 0,1218
· — — — — 0 — 350 — = 0,1255.

gleiche Weise fanden sie die mittlere

1 Ann. de Chim. et Phys. T. VII. p. 144.

Digitized by Google

	Capacität von 0° bis 100°	Capacität von 0° bis 30
für Quecksilber	0,0330	0,0350
— Zink	0,0927	0,1015
— Antimon	0,0507	0,0549
— Silber	0,0557	0,0611
— Kupfer	0,0949	0,1013
— Platin	0,0355	0,0355
— Glas	0,1770	0,1900

Es mufs hierbei noch bemerkt werden, dafs die Temperaturen mit dem Quecksilberthermometer gemessen und nicht auf das Luftthermometer reducirt wurden[1].

Schitko[2] hat in einer ausführlichen, der Beachtung allerdings werthen Abhandlung nicht blofs die specifischen Wärmecapacitäten der Körper, sondern die Gesammtmenge der Wärme, die sie aufnehmen, um von einer niederen Temperatur zu einer höheren überzugehen, auch mit Rücksicht auf denjenigen Antheil, der dabei gebunden wird, zu bestimmen gesucht. Die ganze Untersuchung hier zu berücksichtigen dürfte nicht zweckmäfsig seyn, denn sie führt auch dahin, die *Grade der Thermometer* nicht nach der Gröfse der Ausdehnung der jedesmaligen thermoskopischen Substanz, sondern nach der eigentlich hierzu erforderlichen Wärmemenge zu bestimmen. Es darf aber hier nicht unbemerkt bleiben, dafs auch aus diesen Untersuchungen eine mit den Zunahmen der Temperaturen wachsende Wärmecapacität hervorgeht. Blofs für drei Körper, Quecksilber, Eisen und Glas, hat er folgende Tabelle berechnet.

Temperaturen	Wärmecapacität Quecksilber	Eisen	Glas
0°C. .	0,0320	0,1100	0,1740
1 . . .	0,0320	0,1100	0,1741
20 . . .	0,0321	0,1106	0,1750
40 . . .	0,0322	0,1112	0,1759
60 . . .	0,0323	0,1116	0,1766
80 . . .	0,0323	0,1120	0,1772
100 . . .	0,0324	0,1124	0,1778
200 . . .	0,0326	0,1136	0,1798
300 . . .	0,0328	0,1145	0,1811

1 Vergl. *Thermometer.* Bd. IX. S. 954.

2 Wiener Zeitschrift Th. VI. S. 138 ff.

Digitized by Google

n den niedrigsten bis zu den höchsten Temperaturgraden, es bei keinem andern Körper möglich ist, hat Pouillet[1] specifische Wärme des Platins bestimmt. Hierzu bediente sich einer 178 Gramm schweren Platinkugel, die in einem tintiegel erhitzt und schnell nach der Methode der Mischun- ins Wasser geworfen wurde. So fand er die mittlere spe- che Wärme des Platins, die des Wassers = 1 gesetzt,

für 100° C.	= 0,03350	für 500° C.	= 0,03518
— 200 —	= 0,03392	— 600 —	= 0,03560
— 300 —	= 0,03434	— 700 —	= 0,03602
— 400 —	= 0,03476	— 800 —	= 0,03644

439) Wir müssen hier noch einmal die Frage über das *hältnifs der specifischen Wärmecapacitäten der Körper ihren Atomgewichten*, die schon oft gelegentlich erwähnt de, zur genaueren Untersuchung bringen. Dulong und Petit en diejenigen, welche das angegebene Gesetz (§. 426) aus n Versuchen mit festen Körpern ableiteten; man wandte es dem auch auf gasförmige und tropfbar-flüssige an und fand ald bestätigt, bald widerlegt. Unter die, wenn nicht be- tendsten, doch entschiedensten Gegner desselben gehört auch ter[2], welchen es den französischen Gelehrten zum Vorwurf ht, dafs sie beim Auffinden so bedeutender Abweichungen r Resultate von denen, welche ihre Vorgänger, namentlich Engländer, erhalten hatten, nicht die von den Letzteren an- andte Methode wieder wählten, und den Grund der auffal- en Unterschiede auszumitteln suchten. Aus seinen eigenen suchen (§. 436) schliefst er, dafs das aufgestellte Gesetz t unzulässig sey, welches Dalton blofs bei den einfachen en entdeckt und zu voreilig auf alle Körper ausgedehnt e. Das Gesetz, wonach die Atome aller einfachen Körper che Wärmecapacität haben sollen, passe zwar auffallend für alle, jedoch mit Ausnahme des Silbers, und könne daher ht für ausgemacht gelten, so lange diese Ausnahme statt e; aufserdem aber hätten Dulong und Petit diejenigen timmungen der Atomgewichte gewählt, die für ihre An-

---

1 Poggendorff's Ann. XXXIX. 571. Vergl. *Thermometer*. Bd. IX. 914.

2 Edinburgh Journal of Science. New Ser. N. IX. p. 75.

Digitized by Google

sicht pafsten, und zugleich hätten sie von den durch Brazrus angegebenen Bestimmungen in vielen Fällen $\frac{1}{2}$, in andern und $\frac{1}{4}$ genommen. Er berechnet ferner nach dem aufgestellte Gesetze die Atomgewichte unter der Voraussetzung, dafs d Hydrogen = 1, das Ogygen aber 7 betrage, und dann zei sich allerdings eine grofse Menge auffallender Abweichungen, do scheint mir diese Fundamentalbestimmung nicht geeignet, d von Potter aufgestellten Widerspruch genügend zu begründ Gegen ihn erklärt sich James F. W. Johnston[1], macht ih aber den ungerechten Vorwurf, dafs er die alte Methode d Mischung statt der neuen der Abkühlung gewählt habe; de obgleich jene die ältere ist, so folgt hieraus nicht, dafs sie d schlechtere sey, vielmehr ergeben die beigebrachten Messung namentlich von Neumann, dafs durch dieselbe allerdings g nügende Resultate zu erhalten sind, die auch Potter gefund haben würde, wenn er die gehörige Vorsicht angewandt hät Dafs dieses nicht geschehen sey, geht evident aus den bedeu tend abweichenden Resultaten hervor, die er durch die beid einander entgegengesetzten Verfahrungsarten erhielt, indem einmal das Wasser, das andere Mal den einzutauchenden Kör erhitzte. Uebrigens zeigt sich die Abweichung der durch Po ter gefundenen Gröfsen von denen, die durch Dulong und Pe angegeben worden sind, nur bei Gold, Silber und Wismuth, u in dieser Beziehung bemerkt Johnston richtig, dafs die v ihm gebrauchten englischen Goldmünzen $\frac{1}{12}$ Silber oder Kup und die silbernen $\frac{15}{1000}$ Kupfer enthielten, wonach also die g fundenen Bestimmungen an sich zu verwerfen sind. Für Wi muth stimmen beide durch Potter gefundene Bestimmung unter sich genau überein, es läfst sich also nicht sofort ent teln, ob diese oder die durch Dulong und Petit gefunden die richtigen sind[2]. In Beziehung auf den Vorwurf, dafs di Gelehrten unrichtige Bestimmungen der Atomgewichte gewä hätten, welcher sich auf die Autorität Dalton's stütze, ma Johnston geltend, dafs seit der Zeit dieses allerdings s achtungswerthen Forschers weit genauere Bestimmungen gefund worden seyen, die von denen wenig abweichen, deren sich

---

1 Edinburgh Journal of Science. New Ser. N. X. p. 265.

2 In der angehängten Tabelle sind die verschiedenen Wer neben einander gestellt.

Digitized by Google

ızösischen Gelehrten bedienten. Ganz unzulässig sey aber Verhältniss des Sauerstoffs zum Wasserstoff = 7 : 1, da h Thomson[1] vielmehr 16 : 1 als der Wahrheit mindestens hst nahe kommend gelten müsse. Endlich zeigt Johnston, die durch Potter erhaltenen Wärmecapacitäten sich sehr il mit dem aufgestellten Gesetze vereinigen lassen, ausge- ımen bei Silber, Gold und Wismuth, allein die ersten bei- Bestimmungen seyen aus den angegebenen Gründen unzu- ässig, und so dürfe auch die letztere so angesehen werden. ser Schluss kann aber unmöglich gelten, denn auf Wis- h passen die in Beziehung auf Gold und Silber beigebrach- Einwendungen nicht; im Ganzen ist aber das, was über die ründung dieses Gesetzes vorgebracht wird, keineswegs be- digend, weil keine hinlänglich scharfe und sichere Bestim- ıgen, weder der Atomgewichte, noch der specifischen Wär- apacitäten, zum Grunde gelegt werden. Für die Aufgabe an unwichtig ist die Widerlegung, welche Potter[2] diesen gemachten Einwürfen entgegensetzt, worin er seine Geg- der Unkenntnifs der Sache beschuldigt, sofern ihm entgan- sey, dafs die französischen Gelehrten keineswegs die Me- de der Mischungen für unzuverlässig erklären, und dafs die rählten Bestimmungen der Atomgewichte von Berzelius rühren. Wichtiger dagegen ist, dafs Potter sich durch die, an auch nicht genügende, Kritik zu einer abermaligen, sehr führlichen Reihe von Versuchen bewogen fühlte, wobei er früher gemachten Erfahrungen und die erlangte Fertigkeit Experimentirens benutzte. Er glaubte sich überzeugt zu en, dafs die Anwendung metallener Wassergefässe leicht zu hümern führe, und er wählte daher ein inneres Gefäfs von gefir- tem Leinen, umgab dieses dicht anschliefsend mit einer wollenen, rtig gewebten Umgebung, und setzte es so in ein zur Aufnahme ade hinlänglich weites irdenes Gefäfs. Die Menge des Was- , welches dieser Apparat aufnahm, betrug ungefähr 3500 ins. Die beiden früheren Verfahrungsarten behielt er bei, em er entweder die Metalle bis 100° C. erwärmte und in sser von mittlerer Temperatur tauchte, oder die Metalle von ttlerer Temperatur, das Wasser dagegen bis ungefähr 44° C.

---

1 History of Chemistry. T. II. p. 297.
2 Edinburgh Journ. of Science. New Ser. N. XI. p. 163.

erwärmt anwandte; die Resultate stimmten so genau überein, dafs z. B. für Wismuth im Mittel aus 3 Versuchen nach dem ersten Verfahren 0,03216 und aus 3 Versuchen nach dem zweiten Verfahren 0,03260 erhalten wurde, wobei der kleinste Werth 0,0316, der gröfste aber 0,0339 betrug. Die Menge des Wassers war überhaupt gering und betrug nach der Beschaffenheit der zu untersuchenden Metalle im Maximum $\frac{1}{2}$, im Minimum $\frac{1}{4}$ vom Gewichte des eingetauchten Metalles. Lobenswerth ist endlich die öftere Wiederholung der Versuche, und die erhaltenen Resultate können daher zu den genauesten gerechnet werden, die wir über die von ihm untersuchten Metalle besitzen. Da bei diesen Versuchen vorzüglich beabsichtigt wurde, das durch Dulong und Petit aufgefundene Gesetz zu prüfen, so scheint es am zweckmäfsigsten, die mittleren Resultate nebst denen die von diesen Gelehrten gefunden worden sind, und das Product der durch Potter gefundenen Capacitäten in die Atomgewichte, das des Sauerstoffs = 8 angenommen, neben einander zu stellen, wobei wir die von Potter gemachte Bemerkung nicht verschweigen wollen, wie es ihm aufgefallen sey, dafs Dulong und Petit nach beiden von ihnen angewandten Methoden die specifischen Wärmecapacitäten für Kupfer, Silber und Zink bis zur vierten Decimalstelle identisch fanden, was allerdings kaum im Bereiche der Möglichkeit liegt.

Metalle	Spec. Capacitäten nach Potter	Spec. Capacitäten nach Dulong	Atomgewichte.
Eisen	0,113	0,1098	27,4
Kupfer . . .	0,096	0,0949	32,2
Zink	0,094	0,0927	32,9
Silber	0,059	0,0557	52,5
Zinn	0,056	0,0514	55,3
Antimon . .	0,052	0,0507	59,6
Gold	0,034	0,0298	91,1
Quecksilber .	0,033	0,0330	93,9
Wismuth . .	0,033	0,0288	93,9
Blei	0,032	0,0293	96,8

440) Diese Uebersicht zeigt zuerst, dafs man die Bestimmungen der specifischen Wärmecapacitäten zu einem sehr hohen Grade der Genauigkeit bringen könne, wenn man sich durch den hierzu erforderlichen Aufwand von Mühe und Zeit nicht abschrecken läfst; denn die hier mitgetheilten, durch zwei verschiedene Methoden und von zwei Experimentatoren erhal-

Google

nen, Werthe stimmen sehr nahe mit einander überein und
üfste einer von beiden Reihen der Vorzug zugestanden wer-
n, so würde ich ihn unbedenklich der durch POTTER gege-
nen zuwenden. Wir haben hierin also zweitens eine sehr
te Grundlage, um das aufgestellte Gesetz zu prüfen. Nach
ULONG's Gesetze ist das Product der specifischen Wärme in
e Atomgewichte eine constante Gröfse, oder S A = C, wenn
die specifische Wärme, A das Atomgewicht und C die con-
ante Gröfse bezeichnen (§. 426), mithin ist das Atomgewicht
$= \frac{C}{S}$. Als constante Gröfse nimmt POTTER die Zahl 31 an,
eren Division durch die gefundenen Wärmecapacitäten dann die
der Columne angegebenen Atomgewichte bezeichnen. POTTER
eint, dafs diese, mit 2 multiplicirt, den durch BERZELIUS gefunde-
en Bestimmungen der Atomgewichte sehr nahe kommen, doch
ebt es einige, die fast genau um $\frac{1}{2}$ abweichen, und bei Wismuth
t keine Uebereinstimmung vorhanden. Ferner glaubt er, dafs
ULONG und PETIT das Quecksilber und Antimon aus ihrer
sten Tafel weggelassen hätten, weil beide mit ihrer Hypothese
icht übereinstimmten. Hieraus glaubt er folgern zu müssen,
afs das aufgestellte Gesetz, wonach also auch die Atome aller
infachen Körper genau die nämliche Wärmecapacität haben
üfsten, die Prüfung nicht aushalten würde. Für Gold, Anti-
on, Wismuth und vielleicht auch Kupfer sey es nicht wohl
afslich, für Silber aber offenbar unzulässig; denn seine einzige
xydationsstufe und seine Verbindung mit Chlor zeigten evi-
ent, dafs sein Atomgewicht doppelt so grofs seyn müsse, als
s dem angegebenen Gesetze folge. Hiernach glaubt POTTER,
afs sich folgendes *Gesetz* wohl rechtfertigen lasse: *die Wär-
emenge, welche einfache Körper abgeben, wenn sie von einer
egebenen Temperatur zu einer geringeren herabgehen, ist ent-
eder der Zahl der Atome in ihren Massen proportional,
der steht zu dieser in einem einfachen Verhältnisse*, wobei
r übrigens die grofsen Schwierigkeiten nicht verkennt, die der
eststellung irgend eines Hauptsatzes über die Atome der Körper
nd die ihnen eigenthümlich zugehörige Wärme im Wege stehen.

441) Eine grofse und wichtige Abhandlung über dieses
roblem ist die von AVOGADRO[1]. Zu seinen Versuchen be-

---

1 Brugnatelli Giorn. Dec. 11. T. IX. p. 16, 85, 274, 305: Sulla

Digitized by Google

diente er sich eines cylindrischen Gefäfses von dünnem Messingblech mit einem Ringe an seinem oberen Rande, auf welchem nach zwischengelegtem geöltem Leder mittelst dreier Schrauben eine Platte festgeschraubt wurde, um jeden Zutritt der Luft oder des Wassers von aufsen abzuhalten. Dieser zur Aufnahme der zu untersuchenden Substanzen bestimmte Cylinder ward in ein gröfseres Gefäfs von Messing gesenkt, welches das zu erwärmende Wasser enthielt, dessen Wärme, gleichend der der äufseren Luft, mittelst eines geeigneten Thermometers gemessen wurde. Es versteht sich von selbst, dafs beide Gefäfse nebst dem Thermometer, nach ihrer Wärmecapacität auf Wasser reducirt, mit in Rechnung kamen. Das mit den gepulverten und gewogenen Substanzen gefüllte Gefäfs erhielt die erforderliche Wärme durch langes Eintauchen in siedendes Wasser; das Herausnehmen desselben mit einer Pincette und das Einsenken in das Mefsgefäfs geschah zur Verhütung eines Wärmeverlustes möglichst schnell, und dann wurde die erzeugte Erwärmung des Wassers von Minute zu Minute aufgezeichnet, bis nach etwa 8 oder 10 Minuten das Maximum eintrat. Die hierdurch erhaltenen einfachen Resultate erhielten noch die erforderlichen Correctionen wegen des Wärmeverlustes des kleinen Gefäfses während der kurzen Zeit zwischen dem Herausnehmen und dem Wiedereinsenken in das Mefsgefäfs, wegen der Wärmeabgabe des letzteren an die äufsere Umgebung und endlich wegen eines Wärmeüberschusses des kleinen Gefafses über die Temperatur des zum Einsenken dienenden Wassers im Augenblicke, wo dieses das Maximum angenommen hatte. Die Formeln zur Correction des Wärmeverlustes durch Strahlung waren auf das *Newton'sche Gesetz* (§. 238) gegründet, inzwischen entwickelte Avogadro auch andere analytische Ausdrücke aus directen Messungen der Wärmeverluste beider Gefäfse in gegebenen Zeiten; die Resultate beider wichen aber nur um Hundertstel eines Centesimalgrades von einander ab. Endlich kam

---

densità de' corpi solidi e liquidi paragonata colla massa delle loro molecole e coi loro numeri affinitarii. Die eigentliche Abhandlung in Memorie della Società Italiana delle Scienze residente in Modena T. XX. Fasc. 2. Im Auszuge in Ann. de Chim. et Phys. T. LV. p. 80. Vergl. Biblioteca Italiana 1816. Dec. 1817 Gennajo. Memorie della Soc. Ital. T. XIX.

Digitized by Google

och die Sorgfalt hinzu, die Substanzen, wenn sie keine Hydrate aren, von jedem aufgenommenen Wasser frei zu halten. Die haltenen Resultate finden sich in der unten angehängten Tae, und es möge hier nur bemerkt werden, dafs Avogadro ich die specifische Wärme des Eises mindestens annähengsweise auffand, indem er das kleine Gefäfs mit Eis füllte d die Erkältung mafs, welche es bei einigen Graden unter m Gefrierpuncte des Wasser in dem äufseren, mit Weingeist füllten Gefäfse hervorbrachte, die er dann mit der Wärme rglich, welche dasselbe Gefäfs, mit einer gleichen Quantität Wasser bis auf eine gleiche Menge von Graden über 0°C. gellt, in dem nämlichen Weingeiste erzeugte. Das Resultat im ittel aus mehreren Versuchen war 0,92.

442) Die Meinung Avogadro's über das Verhältnifs der tomgewichte zu den Wärmecapacitäten klar und obendrein och kurz anzugeben ist in der That nichts weniger als leicht, ine eigentliche Prüfung würde aber einen unverhältnifsmäfsien Aufwand von Mühe erfordern, um zu ermitteln, ob die ahlreichen Abänderungen bestehender Bestimmungen, die er ch erlaubt, um seine Hypothesen mit sich selbst in Einklang u bringen, mit den stöchiometrischen Gesetzen vereinbar sind. n Wesentlichen nimmt Avogadro als erwiesen an, dafs das *Dulong'sche Gesetz*, wonach das Product der Wärmecapacitäen in die Atomgewichte der einfachen Körper eine constante röfse und zwar = 37,53 sey, als zuverlässig erscheine, und eine Untersuchungen beziehen sich daher zunächst nur auf die usammengesetzten Körper. Anfangs beschränkte er sich auf ie Gase, und stellte darüber das *Gesetz* auf: dafs die specifiche Wärme der zusammengesetzten Gase, gleiche Volumina orausgesetzt, durch die Quadratwurzel der ganzen oder gebrohenen Zahl der Volumina der einfachen Gase ausgedrückt werden kann, die sich zur Bildung eines Volumens des zusammengesetzten Gases vereinigen, wenn als Einheit der specifischen Wärmen die eines gleichen Volumens eines der einfachen Gase gilt. Hiernach muss also für die Kohlensäure und das Stickstoffoxydul, bei denen jedes Volumen aus einem Volumen des einen und aus einem halben Volumen des andern der zusammensetzenden Gase besteht, die specifische Wärmecapacität = $\gamma 1{,}5 = 1{,}225$, für Kohlenoxydgas, welches aus einem halben Volumen jedes der zusammensetzenden Gase be-

Digitized by Google

steht, $= \gamma \overline{\frac{1}{2}+\frac{1}{2}} = \gamma 1 = 1$, die des ölerzeugenden Gases, wobei zwei Volumina des einen sich mit einem Volumen des andern verbinden, $= \gamma 3 = 1{,}732$ seyn. In Gemäfsheit der Versuche von Dulong und Petit soll ein ähnliches, oder vielmehr ein gleiches, Gesetz auch bei festen Körpern statt finden, dafs nämlich die specifische Wärme eines Atoms eines zusammengesetzten Körpers gleich sey der Quadratwurzel aus der ganzen oder gebrochenen Zahl, welche die Atome oder deren Theile ausdrückt, die sich zur Bildung dieses zusammengesetzten Körpers vereinigen, so wie er sich entweder im festen oder tropfbaren Zustande befindet, indem man zur Einheit diejenige specifische Wärme nimmt, welche einem Atome eines der einfachen Körper in demselben Zustande angehört. Dafs die Durchführung dieses Gesetzes Schwierigkeiten habe, insbesondere da die Atome in den flüssigen und festen Körpern mit denen in gasförmigen nicht genau vergleichbar seyen, gesteht er zu, inzwischen habe ihn die Untersuchung über die Bestimmung der Atomgewichte einfacher Körper dahin geführt, mindestens wenn sie sich im Zustande der Festigkeit und der Flüssigkeit befinden, sie in Beziehung auf ihre specifische Wärmecapacität auf die Hälfte der Gröfsen zurückzuführen, die ihnen Berzelius gegeben hat, und diese sollen dann *thermische Atome* heifsen. Man begreift eigentlich nicht wohl, was hierdurch erzielt werden soll; denn da die Gröfse oder das Gewicht der Atome ohnehin nicht absolut, sondern nur relativ ist, so können auch keine verschiedenen Resultate hervorgehn, wenn man bei allen die angegebene Gröfse halbirt. Man ersieht dann aus dem Nachfolgenden, dafs ein Atom Sauerstoff oder vielmehr die Wärmecapacität eines solchen Atoms $= 0{,}375$ seyn soll, die eines Atoms Wasser als Einheit angenommen[1]; die specifische Wärme des Kohlenstoffs im festen Zustande ist aber auf diese nämliche Gröfse reducirt $= 0{,}25$, und $0{,}25 \times 0{,}764 = 0{,}191$, also sehr nahe die Hälfte von 0,375. Soll also der Coefficient auch auf Kohlenstoff anwendbar seyn, so mufs der durch Dulong und Petit gefundene halbirt werden, er leidet dann auch Anwendung auf Schwefel und die Metalle, und wenn man also die thermischen Atome der festen Körper, die des Sauerstoffs

1 Es mufs bemerkt werden, dafs dieses die bereits angegebene constante Zahl nach Dulong und Petit ist.

Digitized by Google

eichfalls in fester Gestalt als Einheit angenommen, halbirt, so hält man die durch Berzelius angegebenen Gröfsen. Statt s Coefficienten 0,375 wäre also 0,1875 anzunehmen, wonach

e specifische Wärme des Kohlenstoffs $= \frac{0,1875}{0,764} = 0,245$

enig von der Erfahrung abweichend[1] gefunden wird. Um ses noch durch einige der verschiedenen gegebenen Beispiele erläutern und zugleich die Anwendung des oben aufgestell- n Gesetzes zu zeigen, wähle ich folgende Bestimmungen. Für s Protoxyd des Bleies, wenn das Atomgewicht des Metalles 6,4725 angenommen wird, die des Sauerstoffs als Einheit rausgesetzt, was dann die Hälfte der Bestimmung durch Ber- lius ist, mufs das Atom des Oxydes $= 3,236 + 0,25 = 3,486$ yn; die bestimmende Zahl hierbei ist $0,5 + 0,25 = 0,75$, dar- s die Quadratwurzel 0,866 und deren Product mit $0,1875 =$ 1624, welches durch 3,486 dividirt 0,0465 für die berechnete ecifische Wärme, wenig abweichend von der beobachteten 0,049 oder 0,05, giebt. Die Metalloxyde, welche nach Ber- lius 1,5 Atom Sauerstoff auf 1 Atom Metall enthalten, ha- n nach Avogadro 0,75 Atom Sauerstoff auf 1 Atom Metall. n drei von ihm untersuchten Körpern Genüge zu leisten, llen ihre Atome im Zustande der Festigkeit aus $\frac{1}{4}$ Atom Me- l und $\frac{3}{16}$ Atom Sauerstoff bestehn, wovon blofs die Alaun- le eine Ausnahme macht, die aus $\frac{1}{2}$ Atom Metall und $\frac{3}{8}$ Atom uerstoff bestehen mufs, um die Erfahrung mit der Theorie in nklang zu bringen. Das Schwefeleisen soll aus $\frac{1}{2}$ Atom Metall d 1 Atom Schwefel bestehn, das Chlorcalcium und Chlornatrium, e nach Berzelius aus 2 Atomen Chlor und 1 Atom Metall stehn, müfsten 1 Atom Chlor und 1 Atom Metall enthalten s. w. Die grofse, in diesen Bestimmungen herrschende, Willkür fällt von selbst in die Augen, eine allseitige genü- nde Prüfung der Hypothese dürfte aber auf jeden Fall hier cht am geeigneten Orte seyn.

443) Eine weitere Ausführung dieses Gegenstandes bezieht ch vorzugsweise auf einige Resultate, welche Neumann aus inen bereits erwähnten Versuchen entnommen hat, und die her hier vorausgehen müssen. Dieser Gelehrte[2] ist der Mei-

---

1 Hierüber vergl. §. 437.

2 Poggendorff's Ann. XXIII, 32.

Digitized by Google

nung, dafs ein ähnliches Gesetz, als das durch Dulong und Petit für chemisch einfache Körper aufgestellte, auch für chemisch zusammengesetzte existire, sofern es sich um ein einfaches Verhältnifs zwischen der specifischen Wärme und der stöchiometrischen Quantität handelt. Stöchiometrische Quantitäten heifsen bei chemisch ähnlich zusammengesetzten oxydirten Körpern, z. B. bei den wasserlosen kohlensauren Salzen, solche Quantitäten, in denen eine gleiche Quantität Sauerstoff vorhanden ist; bei den mit Schwefel verbundenen Körpern ist dann der Schwefel das Mafs der stöchiometrischen Quantität. Andere Verbindungen wurden von ihm noch nicht untersucht, für die genannten aber stellt er folgendes Gesetz auf: „*es verhalten sich bei chemisch ähnlich zusammengesetzten Stoffen die specifischen Wärmen umgekehrt wie die stöchiometrischen Quantitäten*, oder, was dasselbe ist, *die stöchiometrischen Quantitäten bei chemisch ähnlich zusammengesetzten Stoffen besitzen gleiche Wärmecapacität.*“ Als Beispiele dienen folgende fünf kohlensaure Salze.

Substanzen	Stöchiometrische Quantität	Specif. Wärme beob.	Producte beider	Specif. Wärme ber.	Unterschied
Kalkspath .	$\dot{C}a\ddot{C} = 6{,}32$	0,2044	1,292	0,2057	− 0,0013
Bitterspath .	$\frac{\dot{C}a\ddot{C}+\dot{M}gC}{2} = 5{,}88$	0,2161	1,271	0,2211	− 0,0050
Magnesitspath . . .	$\frac{7\dot{M}g\ddot{C}+2\dot{F}e\ddot{C}}{9} = 5{,}75$	0,2270	1,305	0,2261	+ 0,0009
Spatheisenstein . . .	$\dot{F}e\ddot{C} = 7{,}15$	0,1819	1,300	0,1819	0,0000
Galmei . . .	$\dot{Z}\ddot{C} = 7{,}79$	0,1712	1,335	0,1669	+ 0,0043
Mittelwerth			1,300		

In der stöchiometrischen Quantität ist die Sauerstoffmenge = 3 angenommen und mit dem Mittel aus dem Producte derselben in die beobachtete specifische Wärme = 1,3 ist nach dem angegebenen Gesetze die specifische Wärme berechnet. Die Unterschiede rühren wohl zum Theil daher, dafs die angenommene chemische Zusammensetzung nicht in ganzer Strenge statt findet, indem sich mehr oder weniger beigemengte Substanzen in den Mineralien befinden. Für wasserfreie schwefelsaure Salze dienen folgende Beispiele:

Digitized by Google

Substanzen	Stöchiometrische Quantität	Specif. Wärme beob.	Producte beider	Specif. Wärme berechnet	Unterschied
Schwerspath	$\dot{B}a\dddot{S}$ = 14,58	0,1068	1,557	0,1061	+ 0,0007
Anhydrit . .	$\dot{C}a\dddot{S}$ = 8,57	0,1854	1,589	0,1804	+ 0,0050
Cölestin . .	$\dot{S}r\dddot{S}$ = 11,48	0,1300	1,492	0,1346	— 0,0046
Mittelwerth			1,546		

Da sich unter den von NEUMANN untersuchten Körpern auch eine Reihe von Oxyden befindet, bei denen 1 Antheil Metall mit 1 Antheil Sauerstoff verbunden ist, so wendet er das Gesetz auch auf diese an.

Substanzen	Stöchiometrische Quantität	Specif. Wärme beob.	Producte beider	Specif. Wärme berechnet	Unterschied
Talkerde . .	2,58	0,276	0,712	0,270	—0,006
Rothes Quecksilberoxyd	13,66	0,049	0,671	0,051	—0,002
Zinkoxyd .	5,03	0,132	0,664	0,138	—0,006
Kupferoxyd	4,957	0,137	0,680	0,140	—0,003
Kalkerde[1] .	5,36	0,271	0,772	0,196	+0,021
Mittelwerth			0,697		

Als Beispiele geschwefelter Stoffe, bei denen 1 Theil Metall mit 1 Theil Schwefel verbunden ist, werden folgende zusammengestellt.

Substanzen	Stöchiometrische Quantität	Specif. Wärme beob.	Producte beider	Specif. Wärme ber.	Unterschied
Zinnober . .	14,66	0,052	0,762	0,052	0,000
Realgar . . .	6,71	0,130	0,872	0,113	+0,017
Bleiglanz . .	14,95	0,053	0,791	0,051	+0,002
Blende . . .	6,04	0,112	0,604	0,125	—0,013
Mittelwerth			0,757		

Drei untersuchte Oxyde, bei denen 2 Antheile Metall auf 3 Antheile Sauerstoff kommen, geben folgende Resultate.

---

1 Die Bestimmung der specif. Wärme ist von LAVOISIER und LAPLACE.

Digitized by Google

Substanzen	Stöchiometrische Quantität	Specif. Wärme beob.	Producte beider	Specif. Wärme berechnet	Unterschied
Eisenoxyd .	9,78	0,1640	1,604	0,182	—0,018
Mennig . . .	28,89	0,0616	1,779	0,0615	+0,0001
Chromoxyd.	10,03	0,1960	1,963	0,177	—0,019
Mittelwerth			1,782		

Die überall sich zeigende, sehr genaue Uebereinstimmung der berechneten und der durch Erfahrung gefundenen Werthe läfst an der Zulässigkeit des aufgestellten Gesetzes kaum zweifeln; Neumann verspricht aber, durch weitere Untersuchungen zu ermitteln, ob dasselbe allgemeine Gültigkeit hat oder Ausnahmen zuläfst.

444) Um die über die Wärmecapacitäten aufgestellten Gesetze strenger zu prüfen, unternahm Avogadro[1] die genaue Bestimmung derselben bei drei einfachen Körpern, dem Phosphor, Arsenik und Iod, und überging hierbei das Arsenik um so weniger, als auf dieses das Dülong'sche Gesetz nach Berzelius nicht anwendbar sein soll. Beim Phosphor bediente er sich der Methode der Mischung in der Art, dafs er in einer kalten Nacht denselben bis — 8° C. erkalten liefs und dann in Wasser von 8° C. Temperatur brachte. Aus zwei solchen Versuchen erhielt er im Mittel die specifische Wärme = 0,385; mit Anwendung der früher beschriebenen Methode erhielt er für Arsenik 0,081 und für Iod, welches er jedoch zur Vermeidung von Dampfbildung nicht bis zur Siedehitze des Wassers erwärmte, 0,082, durch ein abgeändertes Verfahren aber 0,089. Indem Avogadro mit diesen Bestimmungen die Atomgewichte dieser Körper in Einklang zu bringen sucht, gelangt er wirklich zu dem Resultate, dafs Dülong's Gesetz auch auf Arsenik pafst, und dafs nicht minder eine Uebereinstimmung zwischen den Atomgewichten dieser und einiger anderer Körper und den gefundenen Wärmecapacitäten hervorgeht, allein es sollen dann die wirklichen Atome Bruchtheile oder Vielfache derjenigen Gröfsen seyn, die durch Berzelius bestimmt worden sind. In einer weiteren Ausführung sucht er ferner zu zeigen, dafs auch die durch Neumann erhaltenen Bestimmungen, so wie das von diesem aufgestellte Gesetz, sehr wohl mit seiner eignen Hypo-

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LVII. p. 113.

Digitized by Google

ese harmonire, und wirklich stimmen auch die von ihm ge-ndenen Gröfsen ziemlich nahe mit den durch Erfahrung er-ttelten überein, allein die Unterschiede sind doch immer noch öfser, als sie billig seyn sollten, um eigentliches Vertrauen der aufgestellten Hypothese zu erwecken, und aufserdem ist Theilung und die Vervielfachung der Atome, sofern diese rvielfachten wieder als einfach Verbindungen eingehn sol-, eine Voraussetzung, die zuvor einer genauen und eingrei-den Prüfung bedürfte. Um die Grenze der Uebereinstimmung ischen den durch Beobachtung und Berechnung gefundenen erthen genauer zu bezeichnen, möge die eine Reihe der Zu-mmenstellungen dienen.

Substanzen	Specifische Wärme beobachtet	berechnet	Unterschied
kohlensaurer Kalk	0,2011	0,2058	+0,0047
— Eisen	0,1819	0,1818	—0,0001
— Zink	0,1712	0,1668	—0,0044
— Baryt	0,1078	0,1055	—0,0023
— Strontian	0,1445	0,1408	—0,0037
— Blei	0,0814	0,0778	—0,0036
— Kalk und Magnesia .	0,2161	0,2230	+0,0069
— Magnesia und Eisen	0,2270	0,2264	—0,0006

ne eigentliche Entscheidung über die Zulässigkeit der Hypo-ese mufs denen überlassen bleiben, die mit der Aufgabe im nzen innig vertraut sind.

445) Handelt es sich endlich um eine definitive Feststel-ng des Verhältnisses zwischen den Wärmecapacitäten und den omgewichten der Körper, so mufs man sich vorerst wohl ch auf das durch Dulong und Petit aufgestellte *Gesetz* schränken, wonach bei einfachen Körpern das Product der ecifischen Wärmecapacitäten in die Atomgewichte eine con-nte Gröfse, also $SA = C$ seyn soll, wenn S die specifischen Wärmecapacitäten, A die Atomgewichte oder die relativen röfsen der Atome bezeichnen und C eine durch die Multipli-tion beider hervorgehende beständige Gröfse ist. Letztere ist aus en anfänglichen Versuchen, die zur Aufstellung des genannten esetzes Veranlassung gaben, im Mittel $= 0{,}3753$ angenommen vorden; sie könnte auch eine andere seyn, die im Mittel aus der esammtsumme der durch genaue Versuche gefundenen specifi-

meine Wissenschaften als solche Körper sind bei der jetzigen Gesetzgebung keine Körperschaften, d. h. keine als dauernde Anstalten eingesetzt, in welche der Besitz jener oben Genannten Vereine übergehen kann, wenn diese sich für aufgelöst erklären und in gleicher Weise, wie die Gesetze über Stiftungen, Vermächtnisse und Schenkungen an todte Hände, dieses Problem giebt keinen, auch nicht einen Schein von Anlass zu Bedenken, wenn es sich um Vereine handelt, welche eine Stiftung, d. h. eine dauernde und fortwährende Anstalt, gründen wollen, so ist auch hier das Gesetz vom 4. Februar 1854 (Gesetz-Slg. 1854 Nr. 1) [1] ausreichend, um die Verhältnisse zu ordnen. Es ist nämlich nach §. 1 dieses Gesetzes zu jeder Gründung einer Stiftung, wie das vorliegende Beispiel sie darbietet, die Genehmigung der Landesregierung erforderlich. Diese Genehmigung kann nun nicht versagt werden, wenn die Statuten derselben Bestimmungen enthalten, welche den Zweck der Stiftung, die Art der aufzubringenden Mittel und die Art der Verwaltung sichern. Diese Sicherheit ist durch die Statuten von Deutschland und Deutsche Zeitung, wie sie vorliegen, vollständig gegeben, und die Landesregierung würde sich einer offenbaren Ungerechtigkeit schuldig machen, wenn sie durch Verweigerung der nachgesuchten Genehmigung die Gründung dieser Stiftung verhindern wollte. Ich bin der Ansicht, dass Deutschland und Deutsche Zeitung, wie sie vorliegen, eine Stiftung bilden, die gleichbedeutend mit der nachgesuchten Gründung dieser Stiftung ist. Es ist nämlich in dem Statut der Deutschen Zeitung gesagt, dass die Deutsche Zeitung [2] ein Eigenthum der Stiftung sein soll, und dass diese Stiftung, die Deutsche Zeitung, ihre Existenz und ihren Fortbestand nur durch Deutschland, die Einheit seiner Interessen, die Einheit seiner Bestrebungen, die Einheit seiner Ehre haben könne, und dass sie, wenn diese Einheit nicht mehr vorhanden sei, sich auflösen müsse. Ich

[1] Oben das Verbindungs- d. Red. Worte von abweichender Schreibart. Ref. 1854.

[2] Von da Gleiche. — Pp. Rundsch. 1854. p. 158.

das Verhältnifs der specifischen Wärmecapacitäten zu den ngewichten, hauptsächlich mit Rücksicht auf den Aggre- ustand der durch sie gebildeten Körper, den gasförmigen, bar-flüssigen und starren, aufzufinden suche; es sey Zahl der einfachen gasförmigen zu gering, als dafs man uf allein ein physikalisches Gesetz bauen könne. Wenn auch das Gesetz bei den einfachen Gasen den vorhandenen rungen gemäfs als zulässig erscheinen mufs, so darf dabei übersehn werden, dafs diese sämmtlich den nämlichen egatzustand nicht blofs haben, sondern auch, soweit es diese abe betrifft, unverändert beibehalten. Ganz anders aber ilt sich die Sache, wenn solche Körper in Betrachtung nen, die ihren Aggregatzustand ändern, wie Poggendorff[1] richtig bemerkt hat. Zuerst ändert sich namentlich bei n Körpern, für welche das Gesetz ursprünglich aufgestellt las Verhältnifs ihrer Wärmecapacitäten mit der Tempera- während das ihrer Atomgewichte beständig bleibt. Zwei- aber haben alle Gase eine gleiche Ausdehnung durch me, das aufgefundene Gesetz mufs daher für sie bei allen peraturen gültig seyn, wenn es für eine einzige erwiesen n Beziehung auf starre Körper könnte dieses aber nur statt n, wenn das Verhältnifs zwischen ihren Dichtigkeiten im n und im gasigen Zusande dasselbe wäre. Dafs Letzteres der Fall sey, beweisen unter andern die specifischen Ge- te des Iods und des Quecksilbers in diesen beiden Zu- en, und überhaupt giebt es mehrere einfache Körper, ie beim Uebergange aus dem starren in den gasigen Aggre- stand ihr Volumen auf sehr ungleiche Weise ändern. ENDORFF hält es aber für entschieden, und darin wird man wohl allgemein beistimmen, dafs eine Volumenverschie- eit mit einer entsprechenden Verschiedenheit der specifi- n Wärmecapacitäten verbunden sey, und dafs daher die fischen Wärmecapacitäten zweier Körper, die für den gas- gen Zustand gleich sind, für den starren nur Multipla von der seyn können; die Wärmecapacitäten müssen daher für he Aggregatzustände der Körper durch die Erfahrung aufgefun- nd mit einander verglichen werden, können aber den Chemikern als sicheres Mittel zur Bestimmun g der Atomgewichte dienen.

[1] Dessen Annalen Th. XIX. S. 125. Anm.

Vor allen Dingen ist erforderlich, die Gröfsen der Atomgewichte möglichst genau festzustellen, eine Aufgabe, die noch nicht mit absoluter Vollständigkeit gelöst zu seyn scheint. Nicht minder wichtig ist eine genaue Bestimmung der specifischen Wärmecapacitäten, weswegen auch Delarive und Marcet, deren bedeutende Leistungen in diesem Gebiete oft mit gebührendem Beifalle erwähnt worden sind, sich zum Ziele gesetzt haben, diese für eine möglichst grofse Menge einfacher und zusammengesetzter Körper aufzufinden. Dafs nach dem, was bis jetzt in dieser Beziehung geleistet wurde, das durch Dulong und Petit aufgestelle Gesetz für die einfachen Gase allerdings gültig sey und zugleich auf eine grofse Zahl einfacher fester Körper Anwendung leide, auf andere aber aus noch unbekannten Gründen nicht passe, ist bereits oben[1] erwähnt worden, und wir fügen daher, aufser dem, was gelegentlich bei der Mittheilung der einzelnen Versuche erwähnt wurde, nur noch dasjenige hinzu, was neuerdings durch Marcet und Delarive[2] in Beziehung auf dieses Problem geschehn ist. Sie bestimmten unter andern die Wärmecapacitäten des Cadmiums, Selen, Molybdän und Scheel, und fanden ihre Resultate mit dem Dülong'schen Gesetze sehr wohl übereinstimmend, wozu der Umstand viel beitrug, dafs die gebrauchten Substanzen sehr rein waren, weil namentlich die Anwesenheit einer auch nur kleinen Quantität Kohle einen bedeutenden Einfluss hat. Wie wichtig dieses sey, zeigt unter andern das Kobalt, wofür Dulong und Petit die Wärmecapacität = 0,1498 fanden, die sie mit ihrem Gesetze für unvereinbar hielten, statt dafs Delarive und Marcet 0,1172 erhielten; jene Physiker glaubten daher das Atomgewicht desselben = 246 annehmen zu müssen, statt dafs diese dasselbe = 369 bestimmen[3]. Vor allen andern

1 S. Art. *Verwandtschaft*. Bd. IX. S. 1896.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. LXXV. p. 116.

3 Für die Behauptung, dafs weder die Atomgewichte, noch die specifischen Wärmecapacitäten bis jetzt mit gehöriger Sicherheit fest bestimmt sind, zeugt dieses Beispiel. Die Angabe von Dulong und Petit = 246 ist die geringste; oben Th. IX. S. 1898 wird 286 angenommen, und dann giebt die Multiplication mit der neuen Bestimmung der specifischen Wärme = 0,1172 sehr annähernd das Product beider = 0,3469. Delarive und Marcet aber sagen, dafs alle Physiker das Atomgewicht = 369 oder, was einerlei ist, = 36,9 an-

Digitized by Google

die specifische Wärme der Kohle mit dem aufgestellten Ge-
ze nicht in Einklang zu bringen, denn sie müfste in diesem
lle dreimal gröfser seyn, als 0,165 und dennoch zeigen die oben
437) erwähnten Bemühungen von Delarive und Marcet,
s die des Diamant nur 0,1192 beträgt, die möglichen Feh-
aber blofs dazu führen können, die Wärmecapacität zu
gröfsern; sie glauben daher, das Atomgewicht der Kohle
ge wohl unrecht bestimmt seyn, weil man den Kohlenstoff
ht in seiner einfachsten Gestalt als Gas darzustellen ver-
ge. Nach allem diesen halten sich also die genannten Ge-
rten für berechtigt anzunehmen: 1) dafs die einfachen und
ige zusammengesetzte Gase bei gleichem Volumen gleiche
ärmecapacitäten haben, andere zusammengesetzte aber hier-
n abweichen; 2) dafs die festen Körper, sobald ihre Wär-
capacitäten nur richtig bestimmt sind, allerdings das Dü-
g'sche Gesetz bestätigen, mit Ausnahme der Kohle, die
h auf keine Weise damit vereinigen läfst, sobald man von
jenigen Bestimmungen ausgeht, die hierüber bis jetzt be-
nnt sind.

447) In Beziehung auf zusammengesetzte Körper ist bis-
noch zu wenig geschehn, als dafs man wagen dürfte, hier-
r allgemeine Gesetze aufzustellen, wozu ohnehin eine zu
naue Kenntnifs des chemischen Verhaltens der verschiedenen
mbinationen gehört, als dafs ich einen Versuch dieser Art
gen dürfte, und ich begnüge mich daher nur auf dasjenige
verweisen, was durch Neumann geleistet (§. 443) und was
rüber an einem andern Orte[1] gesagt worden ist. Auch
arive und Marcet sind der Meinung, dafs das Gesetz
r das Verhältnifs der Wärmecapacitäten zu den Atomge-
hten zusammengesetzter Körper, hauptsächlich wenn man
ei den verschiedenen Zustand der Gasform, der tropfbaren
issigkeit und der Starrheit berücksichtigen wollte, erst noch
unden werden müsse.

448) Noch müssen wir mit wenigen Worten einen schätz-
en Beitrag zur Lehre der Wärmecapacität erwähnen, wel-
n wir dem Scharfsinne und der experimentellen Fertigkeit

---

men; dann aber giebt das Product mit 0,1172 die Gröfse 0,4325,
Dulong's Gesetze nicht übereinstimmend.

1 S. Art. *Verwandtschaft.* Bd. IX. S. 1941.

W. Wiens[1] verdanken. Die Anordnung des Versuches stimmt daher fast ganz mit der Klystron- oder der Boltzmann'schen Anordnung überein. Die Elektronen werden durch eine Glühkathode emittiert und durch eine Anode beschleunigt. Durch eine Blende wird aber durch senkrechte Schlitze ein Bündel von Elektronen ausgeschnitten, welches dann durch Ablenkung eine Dispersion erfährt, wenn man es durch magnetische Felder schickt. Die spezielleren Dimensionsverhältnisse eines Elektronen- und des Ionenversuches werden bei diesen verschieden sein müssen, da ja die Elektronen eine viel größere Geschwindigkeit besitzen als die Ionen. Die Ablenkungsfelder sind wegen der Wirkungsdauer bereits oben (S. 214) genannt worden. Sie werden durch zwei Paare von Platten gebildet, zwischen welchen die Ionen fliegen. Jedes Paar von Platten, die von den Ionen nacheinander passiert werden, hat nach dem Gesetz der Kraftlinien eine Ablenkung zu der senkrechtstehenden derselben Linie, also bei verschiedenen Ionen eine verschiedene Ablenkung zur Folge. Durch diese Trennung der Ionen in einzelne Bündel ist ihre Energie wiederum gewissermaßen die Trennung von Wirkungen, durch welche sie hervorgerufen wurden, und ihre Zuordnung zu diesen Ursachen möglich. Die Ablenkung ist also auch hier eine Wirkung des Lenardschen Geschwindigkeitsfeldes, welches die Ionen durchlaufen. Die Ablenkung ist aber auch eine Wirkung des Ruckfeldes, wenn man das Ruckfeld als eine Kraft auffaßt, welche den sich ändernden Strom, der das Ruckfeld hervorruft, in dem Sinne zu beeinflussen strebt, daß sie denselben verkleinert, wenn sie ihn zu stark ändert und umgekehrt. Diese Kraft ist es, welche die Ionen ablenkt, indem sie sie zwingt, sich in einer Richtung zu bewegen, welche senkrechtstehend ist zu der Richtung, in welcher die Ablenkung durch das Lenardsche Wirken, und in welcher sie durch das Ruckfeld bewirkt werden würde. Verwenden wir Elektronen ist, da auch Ruckfeldwirkungen durch Trägheit der Elektronen sich geltend machen, die Ablenkung durch Ruckfeld

[1] Poggendorff's Ann. XLV, 265.

konnten durch diese, als gleiche Ursachen, keine entgegengesetzte Wirkungen, Wärmebindung und Entbindung, und endrein beide in gleichen Quantitäten, hervorgebracht werden. Hierdurch ist also nicht blofs der Satz erwiesen, dafs die *Volumensveränderung* fester Körper an sich, so wie die der se, Wärme erzeugt und bindet, sondern es können auch bei den Classen von Körpern die specifischen Wärmecapacitäten constantem Drucke und bei constantem Volumen unterieden werden.

449) Da man der specifischen Wärmecapacitäten zu manen Untersuchungen bedarf, so veranlafste dieses schon früh e tabellarische Zusammenstellung der gefundenen Bestimngen. Der erste, welcher eine solche Tabelle verfertigte, r Kirwan; er gab sie seinem Freunde Magellan[1], und ser machte sie bekannt. Wilke[2] theilt gleichfalls eine Zuammenstellung vieler Bestimmungen mit, allein es sind darin r die von ihm selbst gefundenen Werthe enthalten. Vollndiger ist daher die durch Torb. Bergmann[3] verfertigte belle, die, durch Baader[4] aufgenommen, allgemeinere Beintschaft erhielt. Eine durch viele eigene Versuche verhrte machte Gadolin[5] bekannt, und da die Zahl der Bemmungen durch Crawford's spätere Versuche, hauptsächh aber durch Lavoisier und Laplace bedeutend vermehrt rden war, konnten die Tabellen nicht blofs vollständiger, sondern ptsächlich auch richtiger werden. Die zahlreichsten und thvollsten Bestimmungen verdanken wir indefs dem jetzigen rhunderte, wie aus der gegebenen Uebersicht der wichtigsten zelnen Leistungen hervorgeht. Die in der alten Auflage ses Wörterbuchs enthaltene, aus der ersten Auflage von Gren's ndrifs der Naturlehre entnommene, Tabelle ist daher noch r mangelhaft, ungleich vollständiger ist die durch Murray[6] sammengestellte, von Herschel[7] aufgenommene; die voll-

1 Essay sur la nouvelle Théorie du feu élémentaire 1780.
2 Schwed. Abhandl. 1781. Journ. de Phys. T. XXVI. p. 256 281.
3 Opusc. T. III. p. 434.
4 Vom Wärmestoff. Wien u. Leipz. 1786. 4.
5 De theoria caloris corporum specifici. Aboe 1784.
6 Chemistry. T. I. p. 420.
7 Encyclopaedia metropolitana. art. Heat. p. 338.

ständigste, mir bekannt gewordene, ist die von Baumgartner[1]. In der nachfolgenden sind, wie dieses schon vorher zu geschehn pflegte, die Bestimmungen der verschiedenen Experimentatoren neben einander gestellt worden; auch darf kaum bemerkt werden, dafs alle auf Wasser als Einheit bezogen sind. Zur Bequemlichkeit ist, wie bei allen ähnlichen Tabellen, die alphabetische Ordnung gewählt, und um das Auffinden zu erleichtern, sind die gasförmigen Körper, die tropfbarflüssigen und die starren von einander geschieden.

Gase	Spec. Wärme	Beobachter.
Atmosphärische Luft . .	1,79	Crawford
	0,33	Lavoisier und Laplace
	0,25	Clement und Desormes
	0,2669	Delaroche und Bérard
	0,7670	Apjohn
	0,3046	Suerman
	0,2835	Suerman
Ammoniakgas	0,4523	Delarive und Marcet
Cyangas	0,1478	Delarive und Marcet
Kohlenoxydgas	0,2884	Delaroche und Bérard
	0,2745	Delarive und Marcet
	0,4203	Delarive und Marcet
	0,2736	Apjohn
	0,2750	Dulong
	0,3123	Suerman
Kohlensaures Gas . . .	1,045	Crawford
	0,24	Clement und Desormes
	0,2210	Delaroche und Bérard
	0,1751	Marcet und Delarive
	0,2094	Apjohn
	0,2057	Dulong
	0,2124	Suerman
Oelerzeugendes Gas . .	0,4207	Delaroche und Bérard
	0,2745	Delarive und Marcet
	0,2140	Delarive und Marcet
	0,4204	Dulong
Salpetersaures Gas . . .	0,0840	Delarive und Marcet

1 Die Naturlehre nach ihrem gegenwärtigen Zustande. Supplementband. Wien 1831. S. 1030. Aufserdem finden sich Tabellen Klaproth's und Wolf's chemischem Wörterbuch Th. V. S. 437, in Gmelin's Handbuche d. Chemie Th. I. S. 114 u. s. w.

Digitized by Google

Cant.	Thaler. Mäßen.	Verkäufer.
Aargau, Kt.	0,0000	Dekanat und Kapitel
Basel-Stadt	0,0000	Dekanat und Kapitel
	0,0000	Lehrerin und Lehrerin
	0,0000	Lehrerin und Lehrerin
	0,0000	Lehrerin und Lehrerin
	0,0000	Lehrerin und Lehrerin
	0,0000	Lehrerin und Lehrerin
Basel-Landschaft	0,0000	Dekanat und Kapitel
Bern, Kt.	0,0000	Dekanat und Kapitel
	0,0000	Lehrerin
	0,0000	Dekanat und Kapitel
	0,0000	Dekanat und Kapitel
	0,0000	Dekanat und Kapitel
	0,0000	Dekanat und Kapitel
Glarus	0,0000	Dekanat und Kapitel
	0,0000	Lehrerin
	0,0000	Lehrerin
Graubünden	0,0000	Dekanat und Kapitel
	0,0000	Lehrerin
	0,0000	Dekanat und Kapitel
	0,0000	Dekanat und Kapitel
	0,0000	Dekanat und Kapitel
	0,0000	Lehrerin
	0,0000	Lehrerin
Luzern	0,0000	Dekanat und Kapitel
	0,0000	Lehrerin
Neuenburg	0,0000	Dekanat und Kapitel
	0,0000	Dekanat und Kapitel
	0,0000	Dekanat und Kapitel
	0,0000	Lehrerin
	0,0000	Lehrerin
Nidwalden	0,0000	Dekanat und Kapitel
	0,0000	Lehrerin
Obwalden	0,0000	Dekanat und Kapitel
	0,0000	Lehrerin
	0,0000	Lehrerin
	0,0000	Lehrerin

Flüssigkeiten	Spec. Wärme	Beobachter.
Ammoniak, kohlensaures .	0,950	Dalton
Blut, arterielles	1,03	Crawford
venöses	0,8928	
Brom	0,1350	Delarive und Marcet
Essig	0,92	Dalton
	0,970	Mayer
aus Wein . . .	0,387	Kirwan
destillirter . . .	0,1030	Kirwan
Essigsäure	0,66	Dalton
Iod-Kali-Wasserstoff (Faraday's Flüssigkeit). .	0,475	Delarive und Marcet
Kalilösung	0,75	Dalton
kohlensaure . .	0,759	Kirwan
Kochsalzlösung (spec. Gew. 1,120) .	0,8473	Bischof
(spec. Gew. 1,197)	0,78	Dalton
(1 Th. S. 8 Th. W.)	0,832	Kirwan
(1 Th. S. 10 Th. W.)	0,936	Gadolin
(1 Th. S. 5 Th. W.)	0,868	
(1 Th. S. 3,33 Th. W.)	0,8208	
(1 Th. S. 2,8 Th. W.)	0,8020	
(1 Th. S. 2,66 Th. W.)	0,7930	
Leinöl	0,528	Kirwan
	0,570	Mayer
Milch (Kuhmilch) . . .	0,9999	Crawford
	0,98	Dalton
Naphthaöl	0,4152	Rumford
	0,4930	Delarive und Marcet
Olivenöl	0,7100	Kirwan
	0,5000	Leslie
	0,4385	Rumford
	0,3096	Lavoisier und Laplace
	0,504	Delarive und Marcet
Quecksilber	0,020	Wilke
	0,033	Kirwan
	0,0280	Irvine
	0,0357	Crawford
	0,029	Lavoisier und Laplace
	0,040	Dalton
	0,0469	
	0,0330	Potter
	0,0330	Dulong und Petit
	0,0330	Neumann
	0,0333	Regnault

Digitized by Google

Flüssigkeiten	Spec. Wärme	Beobachter.
	0,0318	Delarive und Marcet
	0,0322	Schitko
samenöl	0,4519	Rumford
eterlösung (1 Th. S. 3 Th. W.) .	0,646	Kirwan
(1 Th. S. 8 Th. W.)	0,8167	Lavoisier und Laplace
etersäure	0,844	Gadolin
(spec. Gew. 1,2) .	0,76	Dalton
(spec. Gew. 1,3) .	0,68	Dalton
(spec. Gew. 1,3) .	0,62	Leslie
	0,6614	Lavoisier und Laplace
(spec. Gew. 1,355)	0,576	Kirwan
(spec. Gew. 1,36)	0,63	Dalton
(1 Th. S. 9,33 Th. W.) . .	0,6189	Lavoisier und Laplace
äure (spec. Gewicht 1,122) . .	0,680	Kirwan
(spec. Gew. 1,153) .	0,600	Dalton
(spec. Gew. 1,152) .	0,735	Ure
(spec. Gew. 1,192) .	0,586	Ure
. Ammoniak (1 Th. S. 5 Th. W.) .	0,798	Kirwan
. Kalk (spec. Gew. 1,4)	0,620	Dalton
refeläther	0,550	Delarive und Marcet
(spec. Gew. 0,715) .	0,520	Despretz
(spec. Gew. 0,872) .	0,462	Despretz
(spec. Gew. 0,76) .	0,660	Dalton
(spec. Gew. 0,793) .	0,622	Dalton
(spec. Gew. 0,817) .	0,700	Dalton
(spec. Gew. 0,729) .	0,5433	Rumford
refelkohlenstoff . .	0,3290	Delarive und Marcet
refelsäure	0,418	Ure
	0,364	Ure
refelsäure-Vitriolöl .	0,350	Irvine
farblose . .	0,758	Kirwan
concentrirte .	0,339	Gadolin
concentrirte .	0,349	Delarive und Marcet
(spec. Gew. 1,872) .	0,429	Kirwan
	0,340	Leslie
(spec. Gew. 1,844) .	0,350	Dalton
(spec. Gew. 1,871) .	0,3346	Lavoisier und Laplace
(1 Vol. S. 1 Vol. W.)	0,52	Dalton
(4 Th. S. 3 Th. W.)	0,6031	Lavoisier und Laplace
(4 Th. S. 5 Th. W.)	0,6631	Lavoisier und Laplace

Digitized by Google

Flüssigkeiten	Spec. Wärme	Beobachter.
Schwefelsäure (1 Th. S. 0,25 Th. W.) . .	0,442	
(1 Th. S. 0,5 Th. W.) . .	0,500	
(1 Th. S. 1 Th. W.)	0,605	Gadolin
(1 Th. S. 2 Th. W.)	0,749	
(1 Th. S. 5 Th. W.)	0,876	
(1 Th. S. 10 Th. W.) . .	0,925	
Schwefelsaures Ammoniak .	0,9941	Kirwan
Schwefels. Eisen (1 Th. S. 2,5 W.) . .	0,734	Kirwan
Schwefels. Magnesia (1 Th. S. 2 Th. W.) . .	0,844	Kirwan
Schwefels. Natron (1 Th. S. 2,9 Th. W.) .	0,728	Kirwan
(1 Th. S. 6,4 Th. W.) . .	0,905	Gadolin
Spermaceti, geschmolzen .	0,320	Irvine
Spermacetiöl	0,399	Kirwan
	0,500	Crawford
	0,520	Dalton
(spec. Gew. 0,915)	0,597	Ure
	0,513	
Terpentinspiritus . . .	0,472	Kirwan
	0,400	Irvine
	0,462	
	0,3386	Rumford
	0,488	Delarive und Marcet
(spec. Gew. 0,875)	0,545	Ure
	0,472	
	0,4209	Regnault
Wasser	1,000	
Weinsteinlösung (1 Th. S. 337,3 Th. W.)	0,765	Kirwan
Zuckerlösung	1,086	Kirwan
(spec. Gew. 1,17)	0,770	Dalton

Digitized by Google

Feste Körper	Spec. Wärme	Beobachter.
t	0,1950	Wilke
drit	0,1854	Neumann
	0,1690	
non	0,086	Kirwan
	0,063	Wilke
	0,0645	Crawford
	0,06	Dalton
	0,052	Potter
	0,0507	Dulong und Petit
	0,0508	Regnault
	0,0470	Neumann
nonige Säure	0,130	Neumann
nonoxyd	0,220	Kirwan
	0,2272	Crawford
frei von Luft . .	0,1666	Crawford
baumholz	0,57	Mayer
onit	0,1699	Neumann
ik	0,0814	Regnault
	0,081	Avogadro
ikoxyd	0,126	Gadolin
iksäure	0,1309	Delarive und Marcet
glasige . . .	0,1320	
iksublimat	0,0840	Gadolin
	0,081	Avogadro
. . . . .	0,1923	
von Ulmenholz .	0,1402	Crawford
— Holzkohlen .	0,0909	
— Schmiedekohlen	0,1855	
, kohlensaurer	0,1078	Neumann
rystall	0,1894	Neumann
nholz	0,48	Mayer
anmholz	0,500	Mayer
kalkspath	0,2161	Neumann
. . . . .	0,050	Kirwan
	0,0352	Crawford
	0,042	Wilke
	0,04	Dalton
	0,0316	Despretz
	0,0293	Dulong und Petit
	0,0282	Lavoisier und Laplace
	0,032	Potter
	0,0314	Regnault
kohlensaures .	0,0814	Neumann

Feste Körper	Spec. Wärme	Beobachter.
Bleiglanz	0,044	Neumann
	0,053	
Bleioxyd, gelbes	0,068	Crawford
rothes	0,059	Gadolin
	0,0623	Lavoisier und Laplace
Bleiweifs	0,067	Gadolin
Blende	0,133	Neumann
Bohnen (Pferdebohnen)	0,502	Crawford
Buchenholz	0,49	Mayer
Cadmium	0,0577	Delarive und Marcet
	0,0567	Regnault
Chromoxyd	0,196	Neumann
Cölestin	0,1300	Neumann
Diamantstaub	0,1192	Delarive und Marcet
Eichenholz	0,51	Mayer
Eis	0,90	Kirwan
	0,80	Irvine
	0,92	Avogadro
Eisen	0,130	Irvine
	0,145	
	0,125	Kirwan
	0,1269	Crawford
	0,13	Dalton
	0,126	Wilke
	0,1100	Dulong und Petit
	0,1105	Despretz
	0,110	Potter
	0,113	
	0,1138	Regnault
	0,1112	Schitko.
weiches Stabeisen	0,1190	Gadolin
kohlensaures	0,1819	Neumann
Eisenblech	0,1099	Lavoisier und Laplace
Eisenglanz	0,163	Neumann
Eisenoxyd	0,320	Kirwan
Eisenoxydul	0,1666	Crawford
Eisenrost	0,250	Crawford
luftfreier	0,1666	
Erbsen	0,492	Crawford
Eschenholz	0,51	Mayer
Fichtenholz	0,65	Mayer
Fichtensamenstaub	0,50	Crawford
Forlenholz	0,61	Mayer

Digitized by Google

Feste Körper	Spec. Wärme	Beobachter.
mei	0,1712	Neumann
	0,161	Neumann
ste	0,421	Crawford
s	0,177	Dulong und Petit
	0,1756	Schitko
	0,1977	Regnault
	0,177	Neumann
schwedisches .	0,187	Wilke
Flintglas . . .	0,174	Kirwan
	0,190	Dalton
Kronglas . . .	0,20	Irvine
Krystallglas . .	0,1929	Lavoisier und Laplace
ckenspeise	0,110	Rumford
ld	0,05	Wilke
	0,0289	Dulong
	0,046	Potter
	0,034	Potter
	0,0324	Regnault
phit	0,183	Gadolin
rhofian	0,2168	Neumann
fseisen	0,1298	Regnault
	0,1255	Despretz
weifses . . .	0,132	Gadolin
mit Graphit .	0,124	Gadolin
ps, künstlicher . . .	0,264	Gadolin
fer	0,416	Crawford
lzkohle	0,2631	Crawford
	0,3950	Gadolin
. . . . .	0,082	Avogadro
	0,089	Avogadro
	0,0541	Regnault
lium, unreines . . .	0,0368	Regnault
li, kohlensaures (spec. Gew. 1,3) .	0,2631	Crawford
lk, ätzender	0,2070	Gadolin
	0,2229	Crawford
	0,2564	Crawford
	0,40	Dalton
	0,2169	Lavoisier und Laplace
kohlensaurer . .	0,27	Dalton
	0,2710	Lavoisier und Laplace
lkerde	0,30	Dalton
lkhydrat	0,25	Dalton

Digitized by Google

Deutsches Wort	Ihre Übersetzung	Aussprache
Kohlendioxid (CO2)	[illegible]	[illegible]
Kohlenstoff	[illegible]	[illegible]
Kohlrabi	[illegible]	[illegible]
Kokain	[illegible]	[illegible]
Kokosnuss	[illegible]	[illegible]
Kolibri	[illegible]	[illegible]
Kombi	[illegible]	[illegible]
Komfort	[illegible]	[illegible]
Kompass	[illegible]	[illegible]
Kompost	[illegible]	[illegible]
Kondom	[illegible]	[illegible]
Konfitüre	[illegible]	[illegible]
Konto	[illegible]	[illegible]
Kopie	[illegible]	[illegible]
Koriander	[illegible]	[illegible]
Korkenzieher	[illegible]	[illegible]
Kosmetik	[illegible]	[illegible]
Kosmetikerin	[illegible]	[illegible]
Kosmetiker	[illegible]	[illegible]
Kosmetikstudio	[illegible]	[illegible]
Kosmetikstudio	[illegible]	[illegible]
Kosmetikstudio

Feste Körper	Spec. Wärme	Beobachter.
	0,102	Neumann
	0,0723	Regnault
uskelfleisch vom Ochsen	0,74	Crawford
ickel	0,100	Dalton
	0,1035	Dulong und Petit
	0,1086	Regnault
nicht geschmolzen	0,1119	Regnault
geschmolzen	0,1163	Regnault
chsenhaut mit Haaren .	0,787	Crawford
lladium	0,0593	Regnault
chtannenholz	0,58	Mayer
laumbaumholz	0,44	Mayer
osphor	0,385	Avogadro
	0,1887	Regnault
atin	0,13	Irvine
	0,0314	Dulong und Petit
	0,0335	Pouillet
Blech . . .	0,0324	Regnault
Schwamm . .	0,0329	Regnault
ottasche	0,759	Kirwan
reufsisch-Blau	0,300	Gadolin
uecksilberoxyd, rothes .	0,049	Neumann
	0,0501	Lavoisier und Laplace
algar	0,130	Neumann
is	0,5060	Crawford
se'sches Metall . . .	0,0338	Erman[1]
otheisenstein	0,1660	Neumann
heel	0,035	Delarive und Marcet
	0,0364	Regnault
hmiedekohlen	0,1923	Crawford
hwefel	0,183	Kirwan
	0,189	Irvine
	0,19	Dalton
	0,2085	Lavoisier und Laplace
	0,188	Dulong und Petit
	0,2026	Regnault
	0,209	Neumann
hwefelantimon . . .	0,1286	Delarive und Marcet
hwefeleisen	0,1350 0,1396	Delarive und Marcet
hwefelkies	0,1320	Neumann
hwefelmolybdän . . .	0,1097	Delarive und Marcet

[1] Poggendorff's Ann. XX. 290.

Feste Körper	Spec. Wärme	Beobachter.
Schwefelquecksilber . . .	0,0598	Delarive und Marcet
Schwerspath	0,1068	Neumann
Seesalz	0,23	Dalton
Selen	0,0834	Delarive und Marcet
	0,0837	Regnault
Silber	0,082	Wilke
	0,08	Dalton
	0,0557	Dulong und Petit
	0,059	Potter
	0,063	
	0,0570	Regnault
Silberglätte	0,049	Gadolin
Spatheisenstein	0,1825	Neumann
Speerkies	0,1332	Neumann
Spiefsglanzerz, grau . .	0,083	Neumann
	0,092	
Stahl	0,1185	Regnault
	0,1128	Despretz
gehärtet . . .	0,123	Gadolin
weich	0,120	Gadolin
feiner	0,1273	Regnault
Steingut, Erdenwaare . .	0,119	Kirwan
Steinkohle	0,2777	Crawford
	0,28	Kirwan
(spec. Gew. 1,27)	0,28	Dalton
Strontian, kohlensaurer .	0,1445	Neumann
Talkerde, schwefelsaure mit Krystallwasser .	0,2906	Rudberg
Tannenholz	0,60	Mayer
Tellur	0,0912	Dulong und Petit
	0,0516	Regnault
Thon, weifser	0,2410	Gadolin
weifser, gebrannt .	0,185	Gadolin
Tungstein	0,0306	Delarive und Marcet
Ulmenholz	0,450	Mayer
Uran	0,0619	Regnault
Oxydul . . .	0,106	Neumann
Pecherz . . .	0,106	Neumann
Wachs, weifses	0,45	Gadolin
Weizen	0,4770	Crawford
Wismuth	0,043	Wilke
	0,04	Dalton
	0,0288	Dulong und Petit

Digitized by Google

Feste Körper	Spec. Wärme	Beobachter.
	0,033	Potter
	0,039	
	0,0308	Regnault
	0,027	Neumann
k	0,102	Wilke
	0,0943	Crawford
	0,10	Dalton
	0,0935	Despretz
	0,0927	Dulong und Petit
	0,098	Potter
	0,094	
	0,0956	Regnault
kohlensaures . .	0,1712	Neumann
koxyd	0,1369	Crawford
	0,132	Neumann
kstein	0,090	Neumann
n	0,0704	Crawford
	0,060	Wilke
	0,07	Dalton
	0,0514	Dulong und Petit
	0,0475	Lavoisier und Laplace
	0,056	Potter
	0,0514	Delarive und Marcet
	0,0562	Regnault
	0,0537	Despretz
englisches . . .	0,0569	Regnault
nbleioxyd	0,102	Kirwan
nober	0,052	Neumann
noxyd	0,0990	Crawford
	0,096	Kirwan

450) Bei allen diesen Bestimmungen ist die *specifische* *rme des Wassers* als Einheit angenommen, und der Ue- blick der Tabelle zeigt, wenn wir einige ältere, offenbar genügende Resultate unbeachtet lassen, dafs unter allen Kör- n das Wasser die gröfste specifische Wärmecapacität habe, Ausnahme des Wasserstoffgases, wovon man aber wegen er aufserordentlich geringen Dichtigkeit nicht leicht eine länglich grofse Masse vereinigt erhalten kann, um seine, ch das ganze Volumen verbreitete und daher in einem ein- nen Theile der Masse nur geringe, wenn gleich im Ganzen

grofse Wärmecapacität wahrzunehmen. Dagegen zeigt sich die starke Wärmecapacität des Wassers in vielen gemeinen Erscheinungen. Von ihr rührt es her, dafs das Wasser so vieles Brennmaterial erfordert und dennoch erst in verhältnifsmäfsig langer Zeit bedeutend heifs wird, dagegen aber seine Wärme nur langsam verliert. Siedendes Wasser erzeugt vorzugsweise Brandwunden, mindestens leichter, als jede andere, bis zur Siedehitze erwärmte Substanz, namentlich als die Metalle, und wenn man in einen erwärmten silbernen Löffel Medicin gieſst, so wird diese nicht bedeutend warm, wenn sie auch nur den dritten oder vierten Theil des Metallgewichtes beträgt, wogegen der Löffel bei gleichem Gewichtsverhältniss bedeutend erwärmt wird, wenn man heifses Wasser hineingieſst. Aus eben diesem Grunde ist das Wasser sehr geeignet zur *Erwärmung von Treibhäusern*, in die man dasselbe durch zweckmäfsige Vorrichtungen heifs leitet und nach Abgabe seiner Wärme wieder zurückströmen läfst, wozu Tredgold[1] eine zweckmäfsige Anleitung gegeben hat.

5) Latente, gebundene Wärme.

451) Vermöge der verschiedenen Wärmecapacität der Körper werden nicht alle durch eine gleiche Menge der auf die eine oder die andere Weise ihnen zugeführten Wärme eine gleiche Erhöhung ihrer Temperatur erhalten, immerhin aber wird dieselbe steigen, wie wenig ergiebig auch die Wärmequelle und wie grofs die specifische Wärmecapacität der Körper seyn mag, sobald nur das zu ihrer Wahrnehmung verwandte thermoskopische Werkzeug die erforderliche Feinheit besitzt, um sie anzuzeigen. Wirkte z. B. auf einen gegebenen Körper eine Wärmequelle auf eine solche Weise, dafs sie in ihm nur 1° C. Temperaturerhöhung hervorbrächte, und würde sie dann bei einem andern Körper von 20mal gröfserer Wärmecapacität angewandt, so könnte sie in diesem nur $\frac{1}{20}$ Grad Temperaturerhöhung erzeugen, die aber auf jeden Fall zum Vorschein kommen mufs, wenn das Thermometer empfindlich genug ist. Beispiele dieser Art giebt es wirklich. Nehmen wir

1 Trans. of the horticult. Soc. T. VII. P. IV. p. 563. Daraus in Wiener Zeitschrift Th. VIII. S. 456.

Digitized by Google

zu Wärmegrade des Quecksilbers zu 0,022 gegen Wasser = 1 dient so, so wächst die Wärmegrade, welche die Temperatur des Quecksilbers = 0 hat, um 0,022 = 1 Grad Wasser = 0 und so weiter, so daß, wenn die Temperatur = 0 ist, die Wärmegrade = 0 sind, und wenn die Temperatur = 100 ist, die Wärmegrade = 2,2 sind. Wenn nun die Temperatur = 0 ist, so ist die Temperatur des Wassers = 0, und die Wärmegrade = 0, und wenn die Temperatur = 100 ist, so ist die Temperatur des Wassers = 100, und die Wärmegrade = 100. Wenn nun die Temperatur = 0 ist, so ist die Temperatur des Wassers = 0, und die Wärmegrade = 0, und wenn die Temperatur = 100 ist, so ist die Temperatur des Wassers = 100, und die Wärmegrade = 100. Wenn nun die Temperatur = 0 ist, so ist die Temperatur des Wassers = 0, und die Wärmegrade = 0, und wenn die Temperatur = 100 ist, so ist die Temperatur des Wassers = 100, und die Wärmegrade = 100.

Latreille (Pierre André), Naturforscher, geb. 1762 zu Brive-la-Gaillarde, Dep. Corrèze, gest. 1833 zu Paris. Er war Mitglied des Instituts, Professor der Entomologie am Museum d'histoire naturelle und Ritter der Ehrenlegion. Seine Hauptwerke sind: Précis des caractères génériques des insectes, disposés dans un ordre naturel. Paris 1796. 8. — Histoire naturelle, générale et particulière des crustacés et des insectes. 14 Bde. Paris 1802—1805. 8. — Genera crustaceorum et insectorum. 4 Bde. Paris 1806—1809. 8. — Considérations générales sur l'ordre naturel des animaux composant les classes des crustacés, des arachnides et des insectes. Paris 1810. 8. — Familles naturelles du règne animal. Paris 1825. 8. — Cours d'entomologie. Paris 1831. 8. — Genera crustaceorum et insectorum secundum ordinem naturalem in familias disposita. 4 Bde. Paris 1806—1809. 8. — Histoire naturelle des crustacés et des insectes. 14 Bde. Paris 1802—1805. 8. — Considérations générales sur l'ordre naturel des animaux composant les classes des crustacés, des arachnides et des insectes. Paris 1810. 8. — Familles naturelles du règne animal. Paris 1825. 8. — Cours d'entomologie. Paris 1831. 8.

ist. Sobald aber der letzte Antheil desselben sich in Wasser verwandelt hat, wird im Verhältnifs der Intensität der Wärmequelle das Thermometer rasch steigen, bis das Wasser die Siedehitze erreicht, und dann abermals auf diesem Puncte stehn bleiben, ohne von der fortdauernd zuströmenden Wärme afficirt zu werden, die im gebildeten Dampfe latent wird. Eben hierauf beruht die Erhaltung der beiden *festen Puncte* des *Thermometers*[1].

453) Man mufs sich wundern, dafs diese so oft vorkommende Erscheinung von den älteren Physikern nicht beachtet oder wenigstens nicht nach ihrer Wesenheit gewürdigt wurde, denn man verfertigte bereits seit geraumer Zeit durch Anwendung dieses Mittels übereinstimmende Thermometer, ohne den Begriff der latenten Wärme gehörig aufzufassen. Im Winter 1754 bis 1755 liefs DE LUC[2] Wasser mit eingesenkten Thermometern in Trinkgläsern gefrieren, und als dieses Eis aufthauete, bemerkte er keine Zunahme der Temperatur, so lange die Kugel des Thermometers vom Eise umgeben war, obgleich sich eine Vermehrung der Wärme bei dem Eise gezeigt hatte, als es tief erkaltet in ein warmes Zimmer gebracht wurde. Hieraus folgerte DE LUC, dafs die Wärme oder das Feuer, wie man es damals nannte, verschwinde. Am sinnreichsten arbeitete hierin BLACK[3], und zeigte um dieselbe Zeit in seinen Vorlesungen den in dieser Beziehung entscheidenden Versuch, welcher erst später durch CRAWFORD[4] allgemeiner bekannt wurde. Er mischte 59,5 Th. Eis und 67,5 Th. Wasser, das Glas aber, worin sich letzteres befand, schätzte er auf 4 Th. Wasser, so dafs 71,5 heifses Wasser von 190° F. mit 59,5 Th. Eis von 32° F. vereint wurden. Nach dem Schmelzen des Eises zeigte die Mischung 53° F., folglich hatte das Wasser 137° F. verloren, das Eis aber 21° gewonnen, statt dafs der Rechnung nach die Mischung 118° seyn und das Eis 86° gewonnen haben sollte, mithin mufsten 65° F. verloren oder latent geworden seyn. Ist hiernach die Masse des Wassers

1 Vergl. Art. *Thermometer*. Bd. IX. S. 882.

2 Untersuchungen über die Atmosphäre. Th. I. §. 438. Neue Ideen über Meteorol. §. 179.

3 Lectures. T. I. p. 79 u. 504. Vergl. HERSCHEL in Encyclop. met. art. *Heat*. p. 319.

4 On animal Heat. 1788.

Digitized by Google

=m, seine Temperatur = t, seine zu bestimmende Wärme-
pacität = c, die Masse des Eises = m′, die gemeinschaft-
che Temperatur nach der Mischung = T, so ist die in der
issigen Masse enthaltene Wärme = (m + m′) c T. Wird
erzu die vom Eise durch seine Schmelzung absorbirte Wärme
nommen, die seiner Masse proportional ist, so erhält man
+ m′) c T + m′, und diese mufs der im heifsen Wasser ent-
ltenen gleich seyn. Hiernach hat man

$$(m + m')\,c\,T + m' = m\,c\,t,$$

oraus

$$c = \frac{m'}{m\,t - (m + m')\,T},$$

nd für Black's Bestimmungen

$$m = 143;\quad t = 190 - 32 = 158$$
$$m' = 119;\quad T = 53 - 32 = 21$$

t $$c = \frac{119}{143 \times 158 - 262 \times 21} = \frac{119}{17132} = 0°{,}00694\,\text{F.}$$

nd nach Centesimalgraden gerechnet 0°,01249 C., welches
he 1:80 giebt. In einem andern Versuche vereinigte Black
leiche Gewichte Wasser von 176° F. und Eis von 32° F.,
nd fand, dafs dieses gerade hinreichte, das Eis zu schmelzen,
odurch also 144° F. oder 80° C. latent wurden. Wie oben
§. 375) angegeben worden ist, hatte Wilke wahrscheinlich
enntnifs von diesen Versuchen; er wiederholte dieselben, durch
n wurde die Sache allgemein bekannt[1], und er galt auch seit-
em für den Erfinder der Lehre vom latenten Wärmestoff. Nach
inen Resultaten bestimmte er die Menge der zum Schmelzen
s Eises erforderlichen Wärme auf 72° C., denn wenn er glei-
e Massen Schnee von 0° und Wasser von 72° vereinigte,
erhielt die Mischung nicht die mittlere Temperatur beider,
ie sie nach Richmann's Regel (§. 375) haben sollte, sondern
e blieb auf 0°, und die 72° C. waren also zum Schmelzen des
chnees verwandt worden. Eben dieses Resultat gab folgender
ersuch. Er setzte zwei gleiche blecherne Gefäfse mit gleichen
engen, das eine mit Schnee, das andere mit Wasser, beide
on 0° C. gefüllt, im nämlichen Augenblicke in siedendes
Vasser. Sobald das Thermometer im Wassergefäfse 72° zeigte,

1 Neue schwed. Abh. 1782. Th. II.

nahm er das mit Schnee gefüllte heraus, dessen Thermometer dann 2° zeigte, aber sofort auf 0° herabsank, als der letzte Antheil des noch vorhandenen Schnees geschmolzen war. Dieser Versuch dürfte aber gröfsere Genauigkeit erfordern, um beweisend zu seyn.

454) Die genaue Bestimmung der Menge von Wärme, welche im schmelzenden Eise gebunden wird, ist in vielfacher Beziehung, hauptsächlich aber für die Anwendung des *Eiscalorimeters* (§. 377) sehr wichtig. Wie eben gezeigt, bestimmte Black dieselbe zu 80° C., Wilke dagegen zu 72° C.; Watt und de Luc[1] sind geneigt, dem Ersteren beizustimmen, im Allgemeinen aber erhielt die letztere Bestimmung die meisten Anhänger, bis Lavoisier und Laplace[2] das Problem abermals untersuchten. Sie fanden durch wiederholte Versuche, dafs eine Quantität Wasser von 75° C. gerade hinreicht, um eine gleiche Masse Eis zu schmelzen und die Mischung auf 0° C. zu bringen, so dafs also die 75° latent werden. Diese Bestimmung ist seitdem allgemein angenommen worden, und es folgt aus ihr, dafs das Eis bei 0° Temperatur 75° C. Wärme verschluckt, um ohne Temperaturvermehrung flüssig zu werden, oder soviel, als hinreichen würde, um eine gleiche Quantität Wasser von 0° auf 75° zu bringen, oder um eine 75mal gröfsere Masse Wasser von 0° um 1° zu erwärmen. Umgekehrt mufs Wasser, wenn es bei 0° seiner Temperatur gefriert, eine gleiche Quantität Wärme abgeben, um in Eis verwandelt zu werden. Auch diese *Entbindung* der Wärme ist wie die Bindung derselben durch Versuche erwiesen. De la Becbe[3] setzte Wasser, worüber eine Oelschicht stand, einer Kälte von —11°,25 C. aus und fand, dafs das Oel so lange flüssig blieb, bis alles Wasser in Eis verwandelt war. Bringt man in ein Zimmer, dessen Temperatur — 16° C. seyn möge, zwei Gefäfse, das eine mit Wasser, das andere mit Salzsoole gefüllt, beide von 0° Temperatur, so wird letztere erkalten, wie

1 Neue Ideen über die Meteorol. §. 211.

2 Mémoires de l'Acad. de Paris. 1780. Thomson System of Chemistry T. I. p. 56 erwähnt, dafs Cavendish schon vor Black das Latentwerden der Wärme im schmelzenden Eise entdeckt zu haben behaupte und ihre Menge = 83°,34 C. annehme.

3 G. LXXI. 435. Bibliothèque univ. T. XIII. p. 76.

Digitized by Google

Sie sendenen bis +5° C, wenn sie wohl vom Thal in verwandt werden, eben dann Temperatur so bleiben; in 1 Stein unterwendig Wasser bis Gefrier Temperatur, 1 Meter, so hoch darüber, falt die in die Verwendung Temperatur bis +5° C, wenn sie wohl vom Thal in verwandt werden, eben dann Temperatur so bleiben. Die Wasser wird nicht durch die Klein Versuch von Temperatur ist folgendes. Man kann in 1 Stein unterwendig Wasser bis Gefrier Temperatur in einem Meter von +5° C. Wasser wird nicht durch 0 stehen, keine dauerhaft bis beständ und die Temperatur unterwendig. Die

nenden Processen die wirklich vorhandene Wärme nicht mehr thermoskopisch wahrnehmbar ist, so nannte Black sie *latente*, andere dagegen nannten sie *Flüssigkeitswärme*, weil sie verschwindet, indem sie den Zustand der Festigkeit in den der Flüssigkeit verwandelt. Die erste Bezeichnung ist für alle Erscheinungen dieser Art zulässig, die letztere aber ist zu eng und würde noch eine zweite für die Dampf- und Gasbildung erfordern, weswegen man auch später den ersteren Ausdruck als den allgemeineren beibehalten hat. Die Entdeckung dieser auffallenden Erscheinungen, die vorzugsweise dazu beitrugen, die verworrenen Begriffe über das Wesen der Wärme oder des Feuers, wie man es damals nannte, zu berichtigen, veranlafsten sofort auch eine Menge Untersuchungen über die Art, wie die Wärme in den Körpern existiren möge. Black nannte sie *gebunden* und schien hierdurch eine chemische Vereinigung anzudeuten, wogegen aber Crawford sich erklärte, nach dessen Ansicht eine solche chemische Bindung nicht statt finden kann, weil die blofse Annäherung kälterer Körper sie wieder zu trennen vermag. Dagegen sucht er die Ursache in einer gröfseren *Capacität*, die beim Wasser gröfser seyn soll, als beim Eise, und beim Wasserdampfe gröfser, als beim Wasser; doch geht die Unzulässigkeit dieser Theorie aus den Untersuchungen über die Wärmecapacität der Körper evident hervor[1]. Ehemals, als man noch die permanent elastischen Flüssigkeiten oder die Gase von den nicht permanent elastischen, den Dämpfen, für wesentlich verschieden hielt, mufste man consequent annehmen, dafs die Wärme in den Gasen chemisch gebunden sey, nicht aber in den Dämpfen, oder im Wasser, sofern man dieses als durch Wärme aus dem Eise entstanden betrachtet. Daher nahm Pictet[2] viererlei Arten von Feuer an, freies, specifisches, latentes und chemisch gebundenes; das latente aber soll wieder *Flüssigkeitswärme* und *Vaporisationswärme* (Verdampfungswärme) genannt werden, wogegen jedoch Gehler[3] erinnert, dafs man die Wärme, wenn sie sich nicht frei wirksam zeigt, ebenso gut gebunden nennen könne, als

---

1 Gegen diese Ansicht erklärt sich ausführlich de Luc in: Neue Ideen über die Meteorologie. Th. I. §. 115 ff.

2 Versuch über das Feuer. Cap. I.

3 Wörterbuch, a. A. Th. IV. S. 565.

Digitized by Google

Grundbestimmungen. Aus Lotze's[1] Vorlagen und zum folgenden Kapitel[2], indem er Wissenschaft durch Erkenntnis ersetzt, ist Wundt's Begriff der Logik entstanden in Anlehnung Wissen = Wahrheit, mit der Definition Lotze's: sie sucht, welche Wissen in beiden sich in einem Gedanken begegnenden Bedeutungen Wahrheit sei, und in Anlehnung Lotze's an andere wahre Gedanken, die sie dazu setzt, dass Sein, Wissen[3] heute wohl eine Einheit als solche Begriffe von der beide sich einigenden und in der erreicht's Meinung zu sorgen wahren. Nach seiner Ansicht

Wissenschaft ist darauf hingewiesen, das Fehlende zu finden.

In dieser Bedeutung ist verstanden von dem, welcher an der Wissenschaft arbeitet, und von dem, welcher sie lernt, ein Suchen, welches, wenn sie die Wissenschaft vollendet, theoretisch nicht mehr weiterzudenken Wissen oder ein Finden ist. Dieses Suchen ist, wie wir sahen, ein Suchen, das als Ursprung wahres und nicht verunechtetes Verlangen, als Mittelstück ein Forschungs-Denken, endlich etwas einzuordnendes Letztes ist. Dieses Suchen ist, wie wir sahen, Erkennen. Erkennen ist, wie wir sahen, Wissen. Wissen ist Wissen um Wissen, und ebendarin gründet Wahrheit. In der Einheit von Wissen und Gewißsein stand schon, wie wir sahen, Descartes' Grundsatz: cogito ergo sum. Wissen ist Wissen um Wissen, ebendarin Gewißsein, und ebendarin gründet Wahrheit, und ebendarin gründet sich, was

» fehn Sinn. Wärmeteil, Sinn, Sinn und Sehnerv[1] stehen an sein wohl gemischt, daß die von ihnen gebildeten Bläschen weder zu groß noch zu klein sind, um Wärme, Kälte, Geschmack, Geruch, Gesichtseindrücke, Vorgänge und Hindernisse bei allen aus ihnen hervorgehenden Wahrnehmungen hervorzurufen. Wo aber eine Störung eintritt, wenn mit der Bildung wetteifernd, wird, wenn das Bläschen zu groß ist, der Sinn stumpf, wenn zu klein, ist er scharf. Wenn ferner die Bläschen, die zum Sehen dienen, zu viel oder zu wenig Licht durchlassen, wird der Sinn entweder blöde oder scharf. Wenn endlich die Bläschen, die zum Hören dienen, zu viel oder zu wenig Luft durchlassen, wird der Sinn taub, wenn zu viel, betäubt. Ferner bewegen die Luft und Töne und Gerüche, die von außen kommen, die Luft, die in uns ist, und erregen sie, wenn sie in die Bläschen eindringen, und wenn sie sich in ihnen verbreiten, so werden sie bewegt, und wenn sie sich bewegen, so werden sie erregt.

Sinken gebracht wurde. Nach Hassenfratz[1] soll gefrorenes Quecksilber nicht weniger als 84°,6 C. bedürfen, um flüssig zu werden, also mehr als Eis, was jedoch wegen der grofsen Wärmecapacität des Wassers sehr unwahrscheinlich ist, und die Versuche sind auch zur Begründung dieser Gröfse keineswegs genau genug, vielmehr müssen wir annehmen, dafs das Eis die gröfste Menge Wärme bedarf, um flüssig zu werden, so lange, bis das Gegentheil entschieden dargethan ist. Nach Crichton[2] schmilzt Blei bei 322° C. und behält beim Gerstehn diese Temperatur bei, scheidet also keine Wärme aus. Wismuth schmilzt bei 246°, sinkt im Momente des Flüssigwerdens um 4°,45 und steigt sofort wieder; Zinn schmilzt bei 227° C., sinkt aber nur um 2°,22. Diese Resultate haben einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit, denn theils sind die Mengen der latenten Wärme so gering, dafs sie leicht übersehn und nur durch eigens angestellte Versuche ausgemittelt werden konnten, theils giebt das Wismuth, als das am vollständigsten krystallisirende Metall, die gröfste, das Blei aber die geringste Wärmemenge. Döbereiner[3] vereinigte 1 Th. des leichtflüssigen (Rose'schen) Metalles mit dem 2,6fachen Quecksilber, beide von 18°,75 C. Wärme, und sah die Temperatur durch die Auflösung bis — 10° C. herabgehn; ebenso mischte er 688 Gr. Wismuthamalgam (404 Th. Quecksilber, 284 Th. Wismuth) mit 816 Gr. Bleiamalgam (404 Th. Quecksilber, 412 Th. Blei) bei 20° Temperatur, und die Vereinigung sank bis — 1°,25 C. herab. Vereinigt man hiermit noch 808 Th. Quecksilber, so geht die Temperatur auf — 8° herab, wird aber ein in kleine Theilchen verwandeltes Gemenge aus 118 Th. Zinn, 207 Th. Blei und 284 Th. Wismuth bei 0° in 1616 Th. Quecksilber gelöst, so sinkt die Wärme bis — 10°. Auch Orioli[4] beobachtete, dafs durch Vereinigung des festen Bleiamalgams mit festem Wismuthamalgam beide flüssig wurden und die Wärme um 22° C. herabsank.

---

1 Journ. de l'école polyt. T. I. p. 123. Trommsdorff's Journ. d. Pharm. Th. VIII. S. 402.

2 Annals of Philos. T. XIII. p. 224.

3 Schweigger's Journ. XLII. 183. Kastner's Archiv. Th. III. S. 90.

4 Nuov. Collez. di Op. Scient. 1823. p. 104. Ferussac Bullet. des Sc., math., phys. et chim. 1825. p. 117.

Digitized by Google

847) Sehr interessante Versuche über das Verhalten der salzsauren bei Kreosot[1] mit seiner gewöhnlichen Schwefelsäure und Salpetersäure, sowie über die Zusammensetzung einiger von ihm und Laurent[2] dargestellten Aether, hat Gerhardt[3] angestellt und beschrieben. Es ist (S. 17) bemerkenswerth, dass Gerhardt, wie Laurent, die Siedepunkte seiner Aether nicht bestimmt hat, sie sogar nicht einmal die Temperatur von 127° C. (des Quecksilberthermometers) beim Destillationsapparat, wo die Dampfmasse constant ist, aber vorherrschig leichtere Theile übergehen, angegeben hat, sondern nur die Temperatur, wo die Destillation beginnt, und wo sie aufhört, und diese Temperaturen sind, wie leicht begreiflich, sehr verschieden, je nachdem die Destillation mehr oder weniger rasch geschieht. Die Siedepunkte sind also unbrauchbar. Auch dass wegen jener Extreme die Zahlen für die Dampfdichten (S. 18) nicht mit denen von Laurent[4] übereinstimmen, ist begreiflich. Ueber verschiedenen Verhältnisse von Essig und Weinsäure (S. 19) und Salzsäure (S. 20) und Schwefelsäure (S. 21) und über die Art der Zersetzung der Aether durch Wasser, Alkalien (S. 22) und Ammoniak (S. 23) und über die Zersetzung der Aether durch Chlor, Brom, Jod, Phosphorchlorür, Schwefelchlorür, Arsenchlorür, Antimonchlorür, Zinnchlorür, Titanchlorür, Siliciumchlorür, Borchlorür, Chromchlorür, Eisenchlorür, Kupferchlorür, Quecksilberchlorür, Silberchlorür, Platinchlorür, Goldchlorür, Palladiumchlorür, Rhodiumchlorür, Iridiumchlorür, Osmiumchlorür, Ruthenchlorür, Molybdänchlorür, Wolframchlorür, Vanadinchlorür, Tantal

fällt, der bewegliche dagegen bei Pb^3. Bi^4. zu fehlen scheint. Legirungen von Zink und Wismuth haben den festen Punct bei 251°, diejenige Verbindung aber, wo der sich bei allen zeigende bewegliche Punct wegfällt, wurde nicht aufgefunden. Rudberg entnimmt hieraus die interessante Folgerung, dafs aus dem einen Metalle und einem Theile des andern nach einfachen Atomenverhältnissen eine innige Verbindung gebildet wird, die er *chemische Legirung* nennt, der Ueberschufs des einen Metalles bleibt dann mit der chemischen Legirung mechanisch gemengt. Ist die Verbindung der Metalle so, dafs nur die chemische Legirung entsteht, so wird bei ihrer Erstarrung die latente Wärme frei, und dieses giebt den einfach vorhandenen festen Stillstandspunct; ist aber vom andern Metalle ein Ueberschufs vorhanden, so tritt durch die Erstarrung desselben der bewegliche Stillstandspunct ein[1], obgleich das erstarrte Metall in der noch flüssigen chemischen Legirung verbreitet ist. Für Legirungen aus Blei, Zinn und Wismuth fällt der feste Stillstandspunct allezeit auf 98°, übrigens aber scheinen terniäre Legirungen gleichfalls einen festen und zwei bewegliche Stillstandspuncte zu haben, was aber noch nicht genügend untersucht worden ist.

458) Wenn nun aus dem Gesagten unzweifelhaft hervorgeht, dafs die genannten leichtflüssigen Metalle sowohl einzeln als auch mit einander vereint beim Uebergange in den Flüssigkeitszustand Wärme binden und umgekehrt beim Erstarren frei machen, so mufste sehr daran liegen, die Gröfse der bei ihnen latent und wieder frei werdenden Wärme wenigstens annähernd eben so genau zu bestimmen, als dieses beim Eise geschehen ist. Rudberg suchte auch diese Frage zu beantworten, dabei schien ihm aber die früher von Black, Irvine und Andern befolgte Methode der Mischung mit Wasser durchaus ungenügend, weil aufser den durch die Dampfbildung des Wassers entstehenden Schwierigkeiten drei Antheile der Wärme erhalten werden, die der Metalle bis zum Puncte der Erstarrung, die beim Gestehen frei werdende latente, und die dann noch vorhandene bis zum Puncte der gemeinschaftlichen Temperatur

1 Es versteht sich, dafs der bewegliche Stillstandspunct allezeit höher liegt, als der feste, weil alle einzelne Metalle streng-flüssiger sind, als ihre Legirungen. §. 510.

Digitized by Google

elche drei man nicht von einander zu trennen vermag. UDBERG verwarf daher diese ältere Methode, und wählte die r Abkühlung[1]. Hierbei liefs er das zu untersuchende Metall nerhalb derjenigen Temperatur, bei welcher die Erstarrung ntritt, um 10° C. erkalten, verglich die hierzu erforderliche it mit derjenigen, welche der nämliche, mit Quecksilber ge-llte, Tiegel in der nämlichen Umgebung für das Erkalten um eiche 10 Grade bedurfte, und so gab die Vergleichung beider e durch das Erstarren frei gewordene, vorher latente Wärme, die specifische Wärme des Quecksilbers, selbst in höheren aden, durch DULONG und PETIT bekannt, mithin sein wirk-her Wärmeverlust mefsbar ist. Heifst die Masse des Queck-bers m, dessen Wärmecapacität für die erforderliche Tempe-ur c', so ist sein Wärmeverlust durch die Abkühlung um 10 ade = 10 m c'; heifst ferner die Masse des erkaltenden Me-ls M, dessen latente Wärme L und seine Wärmecapacität für erforderliche Temperatur C, so ist sein gesammter Wärme-lust = M (L + 10 C). Heifst endlich die Zeit des Erkal-s des Tiegels mit Quecksilber t, mit dem Metalle T, so ält man

$$M(L+10C) : 10\,m\,c' = T : t$$

d mit Rücksicht auf den Tiegel, dessen Masse μ und Wär-capacität c'' heifsen möge,

$$M(L+10C) + 10\,\mu\,c'' : 10\,(m\,c' + \mu\,c'') = T : t,$$

---

1 Bei der Wichtigkeit des vorliegenden Problems wird es erlaubt n, Folgendes zu bemerken. Auch die Methode der Abkühlung, wie durch RUDBERG angewandt wurde, ist für alle Körper unzulässig, en Schmelzpunct höher liegt, als der Siedepunct des Quecksilbers, hrscheinlich aber liefse sich die Frage durch die Methode der Mi-ungen auch bei diesen mit ziemlicher Genauigkeit beantworten. an voraussetzen, dafs sich auch die höheren Temperaturen durch thermoelektrischen Apparate (Bd. IX. S. 998 ff.) genau messen ten, so darf man nur nach der Analogie des beim Eise mit so ifser Leichtigkeit in Anwendung gebrachten Verfahrens den Schmelz-ct des zu untersuchenden Metalles genau ermitteln, dann dasselbe zu diesem Puncte erhitzen und von demselben geschmolzenen und zu einer weit höheren Temperatur erhitzten Metalle so viel hin-tzen, bis das noch starre Metall geschmolzen ist, um aus beider ssen und Temperaturen die latent gewordene Wärmemenge zu den.

woraus

$$L = \frac{10\,(m\,c + \mu\,c'')\,T}{M\,t} - 10\,(C + \frac{\mu}{M}\,c'')$$

gefunden wird. Da der Werth von c'' nur klein ist und ohnehin in der Formel sowohl additiv, sls auch subtractiv vorkommt, so kann man diese Gröfse füglich vernachlässigen und erhält dann einfacher:

$$L = 10\,.\,c'\,\frac{m\,T}{M\,t} - 10\,.\,C.$$

Rudberg findet aus den Versuchen von Dulong und Petit für Quecksilber $10\,c' = 0{,}365$, d. h. dieses Metall giebt durch sein Erkalten von 230° bis 220° so viel Wärme ab, als erforderlich sein würde, 0,365 seines Gewichts um 1° C. zu erwärmen. Die Wärmecapacität des Zinns ist nach den genannten Gelehrten 0,0514, und wenn man die Zunahme derselben in höheren Temperaturen der des Quecksilbers gleich annimmt, so erhält man $10\,C = 0{,}586$. Werden diese Werthe in der Formel substituirt, worin $T = 560$ Sec., $t = 24{,}5$ Sec., $M = 252{,}97$ und $m = 421{,}6$ Gramm beträgt, so findet man

$$L = 13{,}314.$$

Für Blei ist $T = 171$ Sec., $t = 12$ Sec., $M = 372{,}05$ Gramm, $10\,c' = 0{,}385$ und $10\,C = 0{,}352$, mithin

$$L = 5{,}858.$$

Es ergiebt sich zugleich, dafs bei dieser Methode nicht blofs der Stand des Thermometers, sondern insbesondere auch die kurze Zeit der Erkaltung des Quecksilbers scharf beobachtet werden mufs, weil ein kleiner Fehler in der Bestimmung von t merkliche Unrichtigkeiten in dem Werthe von L herbeiführt.

Stellen wir hiernach die bis jetzt aufgefundenen Bestimmungen der latenten Wärme fester und tropfbar-flüssiger Körper zusammen, die allerdings von sehr ungleichem Werthe sind, so erhalten wir folgende Uebersicht.

Digitized by Google

Substanzen.	Latente Wärme		Beobachter.
	Jouleſche Einheit	Grad	
	71,000	1000°	Favre und Silbermann
	80,000	1000°	Regnault
	80,000	1000°	Favre und Silbermann
Quecksilber	2,800	1000°	Favre und Silbermann
	2,820	1000°	Regnault
	2,800	1000°	Favre und Silbermann
	2,820	1000°	Regnault
Zink	28,000	1000°	Favre und Silbermann
	28,130	1000°	Regnault
	28,000	1000°	Favre und Silbermann
	28,130	1000°	Regnault
	28,000	1000°	Favre und Silbermann
	28,130	1000°	Regnault

Bei den meisten Körpern kann man auf einfache Weise bestimmen, daß sie beim Schmelzen nur eine kleine Zu- oder Abnahme ihrer flüssigen latenten Wärme leiden, namentlich bei den Metallen, Salzen und Schwefelmetallen, bei Wasser, Schwefel, Phosphor, Arsenik und Antimonmetall. Aber bei allen diesen Körpern, welche sich beim Schmelzen ausdehnen, ist es wahrscheinlich, daß sie beim Schmelzen unter einem größeren Drucke mehr, als bei einem geringeren Drucke, Wärme binden, daß also ihre latente Wärme beim Schmelzen um so größer ist, je größer der Druck ist, unter welchem sie schmelzen. Diese Abhängigkeit der latenten Wärme vom Drucke ist bis jetzt nur bei einigen Körpern beobachtet worden, welche sich beim Schmelzen zusammenziehen, und zwar ist sie bei diesen Körpern so groß, daß sie selbst bei einer Vermehrung des Druckes um mehrere Atmosphären nur eine sehr kleine Verminderung der latenten Wärme bewirkt. Bei Wasser, welches sich beim Schmelzen ausdehnt, ist dagegen die Verminderung der latenten Wärme durch Vermehrung des Druckes sehr groß. Nach Versuchen, welche James Thomson und Lord Kelvin (Brüder) angestellt haben, ist nämlich die Verminderung der latenten Wärme des Wassers beim Schmelzen, welche durch eine Vermehrung des Druckes um 76 Meter Druck bewirkt wird, 0,0075 Jouleſche Einheit oder 0,0075 Grad.

nen eine Abgabe unter Strafe. Wenn jedoch, so wird erklärt, die Eltern und Vormünder sich über die neue Anordnung, die ihnen ja nur zum Vortheile gereiche, hinwegsetzen, und Wiener von der Armenversorgung ausschließen, so müsse diese der gesammten Wiener Bevölkerung zur Last gelegt werden. Es sei daher nur billig, wenn jeder Wiener, der nach dem 1. Januar 1846, zu welchem Zeitpunkte allein auf die Leistung Bedacht genommen werden könne, die gesetzlichen Mittel erlangen, die Armenlast mit tragen helfe. Es sei nicht zu viel verlangt, wenn man diese Leistung auf 3 Kreuzer C. M. wöchentlich bestimme, da ja Niemand, der nicht arbeiten wolle, durch die Art der gesetzlichen Bestimmungen gezwungen werden könne, Arbeit zu nehmen. Diese Leistung sei auch nicht drückend, da sie ja nur 13 Kreuzer C. M. monatlich betrage, wenn Niemand, der Arbeit nehmen könne, sich weigere, solche zu nehmen. Diese Leistung sei auch nicht drückend, da sie ja nur 13 Kreuzer C. M. monatlich betrage, wenn Niemand, der Arbeit nehmen könne, sich weigere, solche zu nehmen. Diese Leistung sei auch nicht drückend, da sie ja nur 13 Kreuzer C. M. monatlich betrage, wenn Niemand, der Arbeit nehmen könne, sich weigere, solche zu nehmen.

Wiener, Wiener, Wiener.

reinen Pflichtgefühle in Conflikten übergehen, wo etwas Gutes gegen Gutes steht, und auch hierbei zeigt sich, daß die Tugend nicht ein Wissen ist, sondern ein Können. Denn wer das Gebot der Nächstenliebe vor vollendete, aber ungeübte Augen übt, wird sich leicht in Widersprüche verwickeln, wo er nicht weiß, was er thun soll, weil er Gutes gegen Gutes setzen muß. Niemals gehen Pflicht gegen Pflicht, sondern immer nur Gut gegen Gut, Pflicht gegen Pflicht. Darum sagt Jesus: „Ihr sollt nicht Gutes gegen Gutes setzen, Böses thun, wenn ihr das wollet; Ihr sollt Gutes gegen Böses setzen, Gutes thun, wenn ihr das wollet." Ausdrücklich sagt er: Ihr sollt nicht gegen den Weg Gutes thun, wenn ihr in den Tempel zu treten gedenket. Auch hier stehen Gutes gegen Gutes. Beides ist Gutes. Wenn die Tempel und die Gemeinde nicht wären, so könnte man nicht Gutes thun, wenn man Gutes thun will, und in dem Augenblicke, wo man Gutes thun will, ist es Pflicht, Gutes zu thun. Aber es ist Gutes, in den Tempel zu gehen, und es ist Gutes, Gutes zu thun. Wenn nun Gutes gegen Gutes steht, so ist es Pflicht, das Gute gegen das Gute zu vernachlässigen, daß auch in den besseren Seelen Wissen und Können auseinander gehen. Wer nicht weiß, was er thun soll, wenn Gutes gegen Gutes steht, der ist noch nicht vollendet. Vollendung ist eben Sonnenhaft, diese Augenklarheit und Sonnenhaftigkeit nach außen verbreiten.

Unsere Kirche, welche sich Schlagwort in der Reformation, Vollendung, als Ziel gesetzt hat, hat diesen Begriff, welcher Heilsbegriff ist, nicht in seinem wahren Sinne verstanden. Sie hat ihn verstanden als Vollendung der Erkenntniß, als Vollendung der dogmatischen Begriffe. Wissen, und etwas zu wissen, ist leichter diese Vollendung erlangt. Etwas recht wissen, ist leichter, als etwas Rechtes vollbringen, und darum hat unsere Kirche Wissen und Können auseinander gehen lassen. Sie hat Vollendung gesetzt in das Wissen, und darum ist sie nicht vollendet. Sie hat nicht verstanden, was das Vollendetsein in der Erkenntniß ist. Denn wer

---

1) Vgl. Luther, Von guten Werken. Erl. Ausg. Bd. 5. S. 167 ff. 2) Vgl. auch Aus, Wesen der Religion. Bd. IV. S. 1865.

461) Das einfachste Verfahren besteht darin, dafs man einen oder mehrere feste Körper in einer geeigneten Flüssigkeit lö. Reaumur[1] bemerkte, dafs 1 Pfund Kochsalz in 3 bis 4 Pinten Wasser geschüttet dessen Temperatur um 5° bis 7°,5 C. herabsinken mache, ja es giebt noch weit ältere, wegen noch mangelnder Thermometer nicht genau gemessene Versuche dieser Art von R. Boyle[2], welcher die Verminderung der Temperatur durch die Auflösung des Salmiaks in Wasser wahrnahm und eine weit stärkere durch die Auflösung des Schnees oder Eises in Säuren oder durch Zusatz von Salzen entstehn sah. Dieser einsige Gelehrte erlernte durch Erfahrung, was nach den Gesetzen der latenten Wärme, an die man damals noch nicht dachte, nothwendig folgt. Schnee und Eis binden zwar beim Uebergang in den tropfbar-flüssigen Zustand eine Menge Wärme, allein sie können ebenso wenig, als alle andere Körper, namentlich krystallisirte Salze, durch blofses Schmelzen eine Temperaturverminderung hervorbringen, weil sie sich nicht selbst die zum Zergehn erforderliche Wärme entziehen können, worauf beim Schnee die Fixität des Schmelzpunctes beruhet. Bringt man dagegen Wasser zu krystallisirten, ihres Krystallisationswassers noch nicht beraubten Salzen, so zergehn sie und bringen dadurch in Folge der latent werdenden Wärme, die sie den Umgebungen entziehn, Kälte hervor, die jedoch nicht tiefer herabgehn kann, als bis zu dem Puncte, bei welchem die Salze aus der gegebenen Lösung krystallisiren würden, diesen tiefsten Punct aber aus leicht begreiflichen Gründen nie wirklich erreicht. Salzwasser mit Schnee vereint befördert dagegen das Zerfliefsen und erzeugt Kälte, noch mehr geschieht dieses durch verdünnte Säuren, welche auch mit sonstigen krystallisirten Salzen bedeutende Kälte hervorbringen. Vereinigt man zwei oder mehrere Körper, welche durch diese Verbindung zur tropfbaren Flüssigkeit übergehn, so mufs dadurch noch mehr Wärme gebunden werden, und zwar in zunehmender Progression so viel stärker, je schneller die Auflösung erfolgt. Das ganze Problem kommt also einfach darauf hinaus, diejenigen Körper aufzufinden, welche die für den jedesmaligen Zweck erforderliche Kälte am leichtesten erzeugen, und die Untersuchung darf sich

1 Mémoires de l'Acad. 1734.

2 Hist. experimentalis de frigore. Lond. 1665. 4. Philos. Trans. N. 15

rund beschrieben, Anfangs- und Endpunkte, von in dieser Beschreibung vorkommenden Orten.

Südwestlich Termessos dauert der westliche Zug vorgelagerter Berge, und zwar zuletzt in der Richtung nach Südwesten, fort. Innerhalb dieses von Westsüdwestlichen durch Südwestliche in Südliche übergehenden Zuges liegt das Thal von Kestel und Adjakoi hinaufwärts, und zwischen diesem und dem 7 Stunden weit von Termessos[1] nördlich liegenden Gebirge, welches die Wasserscheide zwischen Kestel und Adjakoi, und zwischen Adjakoi und Kasaba[2], welches Letztere südlich, bleibt. Durch diesen Zug, welcher, wie gesagt, die gewässerte Quellenlinie abermals nicht passirt, gewinnen, Kode der Kälte hervorgerufen, die Quellen eine Temperatur, welche sich der mittleren Jahrestemperatur gleicht. Die Quellen bei Kestel[3] und beim Dorfe Adjakoi[4] haben eine Temperatur von 10° R. Die Quellen, welche in der Nähe von Kasaba[5] entspringen, haben eine Temperatur von 9° R. Nördlich Kasaba an Termessos die daselbst beschriebenen 10 Quellen[6] haben eine Temperatur von 10° R. Ebenso die Quellen, welche Termessos Minor hervorbringen, welche, wie schon oft bemerkt, am westlichen Abhange liegen. Grosswerther Beitrag zur Kenntniss der Höhen verschiedener Gebirgsketten, wie die verzweigten Gebirgsketten, wird der meist von dem Schnee bedeckte Gebirgszug, welcher, wie gesagt, nördlich von Termessos Minor von nördlich Südwesten bis Südwest fortläuft, und Wittern in grosser Menge gefunden. Auch der Umgang desselben um nördlich Südwesten des Kasa[7], dieser

1. Beschrieben im Cbendt. VIII. Theile unter diesem Beschreibungsnamen in der Abtheilung Termessos. S. 31 u. 32.

2. Beschrieben im Cbendt. VIII. Theile. S. 32 u. 33.

3. Ibm. Cbendt. Ibm. S. 31. N. 3. 4. 5. 6.

4. Ibm. Cbendt. Ibm. S. 32. N. 1.

5. Ibm. Cbendt. Ibm. S. 33. N. 1. Beschrieben sind die No. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. Ibm. Cbendt. Ibm. S. 31. N. 3. 4. 5. 6.

6. Ibm. Cbendt. Ibm. S. 31. N. 3. 4. 5. 6. Beschrieben sind die No. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. Ibm. Cbendt. Ibm. S. 31. N. 3. 4. 5. 6. Ihre Temperatur ist 10° R. Ihre Wasserwärme, und von der nächsten sehr ein-

7. Kasaba, Kasa, Kasaba, Kasa, Kasaba, Kasa,

Schuldigkeit und Gehorsam, welcher Eide sie dem Vaterlande ungestraft leisten sind, so wie sie Orden und andere Auszeichnungen, die sie von ihm erhalten haben, ohne Ausnahme und Rücksicht zu tragen haben. Es ist verboten dieser Hauptstadt gegen die Wenne hin bestimmte Linien. Am Ausgange einer jeden Hauptstraße sind Schlagbäume errichtet. Wagen und Pferde müssen jeden Thorweg passiren. Die Wagen sind in 24 Classen eingetheilt, jede Classe mit 2,5 Th. gradirter Steuer belegt. Die Pferde sind ebenfalls gradirt, und gradirter, so hoch sie beim ersten Durchgang und gut gradirt, so hoch sie bei Thorpassiren von 20 und — 30° R. Insbesondere bestimmt sind die Thore, durch welche Lebensmittel gehen, und die beiden durch welche Brennholz eingeführt wird. Die Quadratluft selbst ist hiervon keiner von Gebühren. Worauf verzichtet eben diese Luft, wenn sie in Fässern kommt. Ein Wein dem sie Geschmack zur 2 Th. verzehrter Steuer gibt, wird mit 4 Th. belegt. Ein Wein, der Geschmack und Geruch verliert, gleichfalls zu — 20° R. eingeführt, gleichfalls zu 4 Th. Ein Wein, der Geschmack und Geruch verliert, so wie Geschmack, Geruch und Farbe, wird mit 8 Th. belegt sein, worauf das Wasser selbst gehen. Im gesellschaftlichen Verkehr ist Geschmack, Geruch und Farbe, wie Geschmack, Geruch und Farbe, Gegenstand der Steuer. Wer Geschmack, Geruch, Farbe, wer nur Geschmack, Geruch, Farbe, und gestehen den Verlust, daß man durch Geschmack, die Natur in seinen Geschenken wieder gestraft. Der Geruch

[1] Böhm. Ch. Trivial. 1788. 8. 1788.

[2] Trautson. Lud. ad Ottonem. Lugd. Bat. 1736. 8.

[3] Ueber Wien. Leipz. 1784. 8. Wien. Monatsschr. v. 1777. Heft 7. Kurze Nachr. v. Wien. Th. 1. 1. Th. 1. 2. Th.

[4] Briefe über Wien. 1783. Th. 1. 2. 8.

[5] Wien. Monatsschr. v. 1777. Heft 7. Wien. Th. 1. 1. Th. 1. 2. Th. Briefe über Wien. 1783. Th. 1. 2. 8. Ueber Wien. Leipz. 1784. 8

wendung mehrerer gleichfalls bei niedrigen Kältegraden zu beziehender, leider zu teurer Kältemischungen, sowie der Verwendung der Kohlensäure-Eismaschine.

Folgende Kältemischungen sind zu empfehlen:

1 Teil Schnee	1 Teil	Kochsalz	gibt	0° Cels. = 32° Fahr.
2 " "	1 "	"	"	−10° " = 14° "
3 " "	1 "	"	"	−18° " = 0° "
1 " Eis	1 "	"	"	−5° " = 23° "
2 " "	1 "	"	"	−15° " = 5° "
3 " "	1 "	"	"	−21° " = −6° "
1 " "	1 "	Salpeter	"	−12° " = 10° "
1 " "	1 "	Salmiak	"	−15° " = 5° "
1 " "	1 "	Glaubersalz	"	−8° " = 18° "
1 " "	1 "	Pottasche	"	−9° " = 16° "

Die nähere Beschreibung dieser Mischungen findet sich in Bd. I, S. 1 ff. dieses Werkes.

Die Kohlensäure-Eismaschine, welche in Bd. I, S. 4 ff. dieses Werkes beschrieben ist, wird in Fig. 1 und 2 dargestellt.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 1 und 2 zeigen die Kohlensäure-Eismaschine von Rommenhöller[1]. Fig. 1 stellt die Maschine in Ansicht, Fig. 2 im Schnitt dar. Die Maschine besteht aus einem Kühlgefäß, einem Kühlschlangensystem, einem Kohlensäurebehälter und einer Kohlensäurepumpe. Das Kühlgefäß ist ein Blechzylinder, der mit einer Kältemischung gefüllt wird. Das Kühlschlangensystem besteht aus einer Anzahl Rohrschlangen, die in das Kühlgefäß eingesetzt werden. Der Kohlensäurebehälter ist ein Stahlzylinder, der mit flüssiger Kohlensäure gefüllt wird. Die Kohlensäurepumpe ist eine Kompressionspumpe, die die Kohlensäure aus dem Behälter in das Kühlschlangensystem preßt. Die Pumpe wird durch eine Kurbel bewegt. Die Kohlensäure wird durch ein Ventil in das Kühlschlangensystem gepreßt, durchströmt dieses und gelangt dann durch ein Ventil in das Kühlgefäß, wo sie sich ausdehnt und dadurch Kälte erzeugt. Die Kohlensäure wird dann durch ein Ventil wieder in die Pumpe gesaugt und von neuem in den Kreislauf gepreßt.

[1] Näheres: Engl. und Amer. Pat. 1877, Nr. 2783, p. 434.
[2] Verhandlungen d. Vereins. 1886. 1. 370.

Disposition, so ist salzsaurer Kalk, den Lowitz[1] zuerst hierzu anwandte, am geeignetsten zur Erzeugung sehr intensiver Kälte, da diese Substanz ohnehin bei der Bereitung des ätzenden Ammoniaks als Nebenproduct in Menge gewonnen wird.

462) Die Physiker sind so fleifsig gewesen, die Gefrierpuncte der verschiedenen, schwergestehenden Flüssigkeiten aufzufinden, und haben dabei die Wirkungen der Kälte erzeugenden Mischungen in so grofser Zahl und unter so vielfachen Modificationen untersucht, dafs es ermüdend seyn würde, dieses alles einzeln aufzuführen, da die an sich einfache Aufgabe durch öftere Wiederholung ähnlicher oder gleicher Angaben nicht gewinnt. Eine, wenn auch nur kurze, Erwähnung verdienen jedoch die zahlreichen Versuche verschiedener Gelehrten, welche Gilbert[2] zusammengestellt hat, vorzugsweise aber die von Fourcroy und Vauquelin[3]. Bei — 8°,75 äufserer Temperatur brachten sie mit 3 Th. Schnee und 1 Th. Schwefelsäure (4 Th. Säure 1 Th. Wasser) — 32°,5; mit 1 Th. krystallisirtem salzs. Kalk und 2 Th. Schnee — 42°,5 und mit 8 Th. salzsaurem Kalk und 6 Th. Schnee — 48°,75 C. hervor, und machten darin unter andern das Quecksilber gefrieren. Bei — 7°,5 C. mischten sie 27 Unzen salzs. Kalk mit 18 Unzen Schnee, sahen darin das Weingeistthermometer bis — 47,5 herabgehn und brachten zwei Unzen Quecksilber zum Gefrieren, doch gelang ihnen dieses nicht mit 8 Unzen; als sie aber ein Gemenge von 8 Unzen salzs. Kalkerde und 6 Unzen Schnee in der ersten Mischung erkälteten, sank das Thermometer in der letzteren bis — 53°,75 und die 8 Unzen Quecksilber gefroren. Guyton[4] bediente sich bei seinen Versuchen einer

---

1 Nov. Acta Petrop. T. XI. Hist. p. 8. T. XII. p. 297. Crell's chem. Ann. 1793. St. I. S. 352. Ann. de Chim. T. XXII. p. 297. Den salzsauren Kalk präparirte er bei einer Temperatur unter dem Gefrierpuncte, damit er mehr Krystallisationswasser behielt. Die Krystalle pulverte er fein, siebte sie durch einen Flor oder ein Haarsieb, bob das Pulver in der Kälte auf und vermischte 3 Theile desselben mit 2 Th. lockerem Schnee, wodurch er die Temperatur leicht von 0° bis auf — 45°,5 C. herabzubringen vermochte.

2 Dessen Annalen. Bd. I. S. 479.

3 Ann. de Chimie T. XXIX. N. LXXXVII. p. 281. G. II, 107. Scherer's Journal d. Chemie. Bd. III. S. 49.

4 Ann. de Chim. T. XXXIX. p. 290.

Digitized by Google

ischung aus 6 Th. Schnee und 9 bis 10 Th. salzs. Kalk, n er, weil er stark eingedickt war, fein pulverte und durch ı Haarsieb beutelte, VAN MONS aber versichert, durch eine ischung von salzsaurem Kalk und festem kaustischen Natron ıe Kälte von — 53° hervorgebracht zu haben. Durch Al-hol, und zwar absoluten, mit Schnee, beide bei 0° Tempe-ur, brachte TRALLES[1] eine Kälte von — 37° C. hervor. Bei n in der polytechnischen Schule zu Paris angestellten Ver-chen[2] wurde zuerst die Salpetersäure mit Wasser verdünnt, s sie 1,42 specif. Gewicht hatte, dann in einer Mischung aus Th. Schnee und 1 Th. Meersalz bis — 21°,25 erkältet und m Schnee gegossen, wodurch eine Kälte von — 39° C. ent-und, die das Quecksilber gefrieren machte.

Man darf wohl annehmen, dafs alle krystallinische Salze, enn sie ihres Krystallisationswassers nicht beraubt sind, beim erfliefsen eine grofse Menge Wärme binden und dadurch älte erzeugen, denn im entgegengesetzten Falle, wenn sie zu ark ausgetrocknet sind, nehmen sie die ersten Antheile des it ihnen vereinten Wassers so begierig in sich auf, dafs sogar r sonst so starke Kälte erzeugende salzsaure Kalk eine be-ntende Hitze entwickelt. Eine zweite Bedingung ist dann, fs die Salze fein gepulvert sind, damit ihre Auflösung im Vasser und in verdünnten Säuren schnell erfolge; aufserdem hmen manche derselben, namentlich der salzsaure Kalk, in r feinen Pulverform das verlorne Krystallisationswasser wie-r an, weswegen man sie auf der andern Seite gegen das frei-illige Zerfliefsen sichern mufs. Die wesentlichste Bedingung s Gelingens ist aber, dafs der allerdings bedeutenden erzeug-n Kälte nicht zu viele Wärme von aufsen zugeführt wird. u diesem Ende mufs man verhältnifsmäfsig grofse Massen an-enden, wenn die äufsere Umgebung nicht kalt ist, denn die berfläche der Gefäfse, worin die kaltmachende Mischung sich findet und in welche die Wärme von aufsen einstrahlt, ächst in einem geringeren Verhältnisse, als die darin enthal-ne Masse. Am rathsamsten ist es daher, ein äufseres tiefes nd grofses Gefäfs mit kaltmachender Mischung zu wählen, in ieses ein kleineres, gleichfalls mit erkältenden Substanzen ge-

1 G. XXXVIII. 865.
2 Journ. d. l'École polyt. T. I. p. 123.

füllt, zu setzen, und in letzteres erst die zum Gefrieren oder zum tiefen Erkalten bestimmte Substanz. Unter Umständen kann man auch in das äufsere grofse ein zweites kleineres und in dieses ein drittes, noch kleineres, alle drei mit kaltmachenden Mischungen gefüllt, setzen, wobei jederzeit das innerste zur Aufnahme derjenigen Substanz dient, deren Verhalten unter dem Einflufs grofser Kälte man untersuchen will. Das äufserste Gefäfs besteht am besten aus Holz, Töpferthon oder Porzellan, überhaupt aus einer schlecht leitenden Substanz, um möglichst wenig Wärme von aufsen aufzunehmen, die inneren aus dünnem Metallblech, wenn dieses durch die Säuren nicht angegriffen wird; man beginnt damit, die Mischung im äufsersten zergehn zu lassen und dann zu den folgenden überzugehn, wenn die darin enthaltenen Substanzen möglichst erkaltet sind, wobei sich von selbst versteht, dafs die Säuren und Salze oder der Schnee, jedes für sich allein, erkältet werden müssen, ehe man sie vereinigt. Ein sehr geeignetes Verfahren besteht dann darin, dafs man mittelst gewöhnlicher Kältemischungen zuerst Eis bereitet, dieses dann zerstöfst und als stärker erkältendes Mittel nachher in Anwendung bringt. Die stärkste Kälte wird durch salzsauren Kalk und Schnee oder Eis erzeugt, indem man beide Substanzen, den salzsauren Kalk fein gepulvert, in einzelnen, durch dünne Korkscheiben getrennten Lagen über einander schichtet und sie nach möglichstem Erkälten vermischt. Diejenigen Kältegrade, welche durch die verschiedenen Substanzen erzeugt werden, sind in der nachfolgenden Tabelle enthalten[1].

---

1 Aus L. Gmelin's Handbuch der theoretischen Chemie. 1827. Bd. I. S. 152.

Digitized by Google

Substanzen.	Temperatur	
	von	bis
1 Th. Wasser, 1 Th. Ammoniak	+ 10	— 15
1 „ Schnee u. 2 „ Salpeter	+ 10	— 12
1 „ Schnee u. 1 „ Salpeter	+ 10	— 18
1 „ Schwefelsäure, 8 „ Schnee, 3 „ Kry-stallisirtes Glaubersalz	+ 10	— 15
1 „ Schnee u. 1 „ Salpeter, 1 „ Chlorkalium	+ 10	— 21
1 „ Schnee u. 1 „ Salpeter, 1 „ Salmiak	+ 10	— 25
1 „ Schnee, 1 „ Salpeter, 1 „ Salmiak, 1 „ Wasser	+ 10	— 27
1 „ Schnee u. 1 „ Chlorcalcium	10	— 9
1 „ Schnee, 1 „ Chlorcalcium auf 2 Th. Glaubersalz	10	— 17,8
1 „ Schnee, 1 „ Chlorcalcium, 1 „ Salpeter, 1 „ Salmiak, 1 „ Wasser	10	— 27,8
1 „ Glaubersalz, 1 „ Salpetersäure	10	— 12
1 „ Glaubersalz, 1 „ Salpetersäure, 1 „ Salmiak	10	— 18
1 „ Glaubersalz, 1 „ Salpetersäure, 1 „ Salpeter	10	— 18
1 „ Glaubersalz, 1 „ Salpetersäure, 1 „ Salpeter, 1 „ Salmiak	10	— 21
1 „ Glaubersalz, 1 „ Salpetersäure, 1 „ Salpeter, 1 „ Salmiak, 1 „ Chlorkalium	10	— 26
1 „ Glaubersalz, 1 „ Salpetersäure, 1 „ Salpeter, 1 „ Salmiak, 1 „ Chlorkalium, 1 „ Wasser	10	— 32

strömt. So gefriert Salzsoole, je nach ihrer Concentration, bei tieferen Graden, für gesättigte kann etwa — 20° C. angenommen werden, und es ist daher unmöglich, eine gröfsere Kälte durch Salz und Schnee zu erreichen, die sich bei tieferen Temperaturen nicht mehr auflösen würden. Verdünnte Säuren gefrieren bei tieferen Graden nicht, man kann daher gröfsere Kälte durch sie erzeugen; die stärkste durch salzsauren Kalk und Schnee, welche bis — 60° reichen soll. Dagegen findet Verdampfung unausgesetzt statt, und die absolute, dadurch zu erzeugende Kälte läfst sich daher nicht bestimmen, aber auch wegen hindernder Bedingungen nicht erreichen.

Dafs durch Verdunstung Kälte erzeugt werde, mufs wohl schon in den ältesten Zeiten wahrgenommen worden sein, und daher erwähnt auch Musschenbroek [1] als ein bekanntes Phänomen, dafs eine mit Wasser benetzte Thermometerkugel, wenn Luft von gleicher Temperatur dagegen geblasen wird, eine Abnahme der Wärme zeigt; die Sache scheint jedoch erst dann beachtet worden zu seyn, als man vermittelst der Thermometer auch die geringeren Temperaturverminderungen zu messen vermochte, wobei man die seltsamsten Hypothesen über die Ursache dieses Phänomens aufstellte. Richmann [2] nahm wahr, dafs ein Thermometer, dessen Kugel mit Wasser benetzt war, so lange Kälte anzeigte, bis alles Wasser verdunstet war, und leitete dieses von den in der Luft schwebenden kaltmachenden Theilen ab. Mairan [3] dagegen von der Bewegung des die Thermometerkugel umgebenden Wasserhäutchens. Ohne die eigentliche, hierbei wirksame Ursache genauer anzugeben, stellten Baume [4] und hauptsächlich Cavallo [5] mehrere Versuche an, die ihnen die bei verschiedenen Flüssigkeiten sehr ungleiche Verdunstungskälte zeigten, namentlich die sehr starke durch Schwefeläther erzeugte. So brachte Letzterer mitten im Sommer hierdurch das Thermometer innerhalb zwei Minuten von 18° C. auf −16° herab, wobei er bemerkte, dafs das Thermometer im Wasser bis — 7°,75 herabsank, ehe Eisbildung erfolgte, statt dafs diese

1 Essai de Physique §. 962.

2 Nov. Comm. Petrop. T. I. p. 290. Nouv. Mém. de Petersb. Ann. 1747 u. 48. p. 284.

3 Dissert. sur la glace. P. II. Sect. II. cap. 8 u. 9.

4 Mémoires présentés T. V. p. 405.

5 Philos. Trans. T. LXXI. P. II.

Digitized by Google

Winter schon bei — 1° eintrat. Der Erste, welcher die rdunstung als nächste Ursache der Kälteerzeugung angab, heint Cullen[1] gewesen zu seyn, und so fanden denn auch na[2], Braun[3], Achard[4], Lavoisier[5] und Andere, dafs die eugte Kälte mit der Stärke der Verdunstung wachse, denn Oele oder Säuren getaucht zeigte das Thermometer gar keine lte, mit concentrirten Säuren sogar Erhitzung. Schnelles neuern der Luft verstärkt die Verdunstung und erhöht dadurch die erzeugte Kälte, weswegen Achard bei seinen Versuchen, das Quecksilber gefrieren zu machen, die Wirkung der nstlichen Kältemischungen durch Benetzen mit Schwefeläther, gen den er stets Luft blies, zu verstärken suchte. Die Erzählung[6], dafs man durch blofse Verdunstungskälte das Quecksilber m Gefrieren gebracht habe, erklärte übrigens Braun[7] für eine bel, weil dadurch nur eine Kälte von — 15° nach de l'Isle zu eichen sey. Als schon die Lehre vom latenten Wärmestoff ing bekannt zu werden, schwankten die Physiker noch, ob das Latentwerden der Wärme in Folge der Dampfbildung r die *Expansion der Luft* als Ursache der erzeugten Kälte rachten sollten. Darwin[8] neigt sich mehr zur letzteren sicht, denn er erinnerte, dafs der Luftstrom aus einer Windhse das Thermometer um mehrere Grade fallen mache, auch ke dasselbe unter der Campane der Luftpumpe um 2 bis 3 de, wenn man exantlire. In den bleiernen Windkessel er Wasserkunst zu Derby war ein Loch von der Gröfse einer Rabenfeder gebohrt, und wurde dann ein Thermometer der aus strömenden Luft ausgesetzt, so sank es mehrere Grade, gegen Gruber[9] erinnerte, dafs die mechanische Ausdehnung

1 Neue Edinburgische Versuche. 1756. Bd. II. S. 145. Ebend. 1776.
2 Dieser zählt eine Menge ältere Beobachtungen auf und vert sie durch eigene. S. Miscellanea Taurinens. T. II. p. 151.
3 Nov. Comm. Petrop. T. X. p. 309. In Hamb. Magaz. Bd. IV. 69.
4 Beschäftigungen d. Berl. naturf. Ges. 1775. Bd. I. S. 112. Journ. Ph. T. XVI. p. 174.
5 Mém. de l'Acad. 1777. p. 425.
6 In Gentleman's Magazine. 1761. p. 403.
7 Nov. Comm. Pet. T. XI. p. 318.
8 Pilos. Trans. 1788. T. LXXVIII. p. 43. Gren's Journ. Bd. 1. 73. Gothaisches Magaz. Th. VII. St. 1. S. 127.
9 Gren's Journ. d. Phys. Bd. III. S. 188.

der Luft nicht unmittelbare Ursache der Kälte seyn könne, weil sonst im Boyle'schen und Torricelli'schen Vacuum noch gröfsere Grade der Kälte herrschen müfsten, die weggeschaffte Luft dagegen führe die Wärme mit sich fort; was eigentlich so gut wie nichts gesagt ist. Cavallo[1] liefs bei seinen Versuchen den Aether aus einem in ein Haarröhrchen endigenden Trichter auf die Thermometerkugel tröpfeln, und erhielt dann durch stetes Zuführen frischer, nicht mit Dampf erfüllter, Luft einen hohen Grad von Kälte, de Saussure[2] aber befestigte auf dem Col du Géant an der Kugel seines Thermometers einen feuchten Schwamm und schwenkte das Thermometer an einer Schnur mit gröfster Schnelligkeit in der Luft, wodurch er eine Erkältung von 10 Graden zu erzeugen vermochte; wenn er aber die Kugel eines kleinen Thermometers mit feiner Leinwand umwickelte, in Aether tauchte und nach dem Herausziehen mäfsig schnell in der Luft bewegte, so konnte er eine Erkältung von 33 bis 34 Graden hervorbringen. Unter die älteren Versuche, welche sämmtlich aufzuzählen kaum die Mühe lohnt, gehören ferner die von Baux[3], welcher ein mit Wasser befeuchtetes Thermometer sinken sah, und die von Franklin[4], welcher eben dieses mit Weingeist bewerkstelligte. Wasser und viele andere Flüssigkeiten verdunsten stets, und die Geneigtheit der Wärme, mit ihnen Dampf zu erzeugen, ist so grofs, dafs die Oberfläche der Seen und des Meeres bei vorhandener Ruhe sich stets etwas kälter zeigt, als die übrige Wassermasse; bedeutend verstärkt wird aber diese Wirkung, wenn die vertheilten Flüssigkeiten eine grofse Oberfläche darbieten. Unter andern maafs G. Bischof[5] die Temperaturen in der Nähe des Staubbachs, und fand neben dem Wasserfalle 8°,5 C., vor der Auberge 11°, die Temperatur des Wassers 50 Fufs vom Falle 8°,75, die der Quellen in derselben Höhe aber 11°,1; 11°,25 und 13°,75, woraus die durch die Verdampfung erzeugte Kälte sichtbar hervorgeht. Hierhin gehört auch die Abkühlung des Trink-

1 Voigt's Magazin. Bd. II. S. 242.

2 Journ. de Phys. 1789. Mars. Uebers. in Gren's Journ. d. Phys. Bd. I. S. 460.

3 Hist. de l'Acad. 1753.

4 Rozier Observat. T. II. p. 276 u. 483. Er stellte die Versuche mit Dr. Simpson zu Glasgow an.

5 Biblioth. univ. 1836. p. 384.

Digitized by Google

rauste, die man in Spanien durch die Kastanien schlug, den Kopf und nach Sallust's[1] Beobachtung 1 Fuß tief, wenn sie in Gallien auf Eis fielen. Auch Cäsar[2] sah, daß es in der Heimath des Euphrates gewöhnlich war, daß man sie vermittelst durch die Flamme nach Spanien. Plutarch[3] sah, daß man sie in Rom, wenn sie in Gallien gefallen waren, von gewissen Orten, wie in Gallischen Gastwirthen, in eine tauchene, vermuthlich durch Salpeter kühlende Grube herabließ. Und als Tit. 27,4,12. Livius[4] bei der Einnahme, die Scipio 30 Tiberi Venae mächtig, und 1 Fuß tief gefroren fand, sagt: Es sey ein Wunder, in einem Land warmer, als Africa sey, Eis zu finden. Es hat die Temperatur der Gegenden an und ebenfalls auch der Jahrszeiten, wie sie in Africa sind, nicht. Wie sie Diodorus[5] wird recht sehen, wenn man in einem südlichen Lustrage wandert. Dieses pflegen die Gelehrten Deutsch dadurch auszudrücken, daß sie sagen, es sey in Italien wegen und in Neapel wegen und in Neapel wegen. Die Römer sagten: Es sey in Italien wegen, wenn sie es in Italien und aus dem durch die Lustrage natürlich erhaltenen Theil Italiens, wegen, wenn sie es in Neapel und aus dem in Neapolitanischen Gebiet durch die Lustrage erhaltenen Theil Italiens, welches Wissenschaft Epigenes besonders bearbeitet hatte, wie Plinius[6] sagt. Und es ist auch durch eine Wahrheit belegt, daß weiland nicht, so wie jetzund Neapolis stolz, vergnügt, reiche Gebäude hatte, und es gerne, daß es durch Anstrengungen Wissenschaft ersetzte heute wurde. Nehmen heutiges Tages Fremde, die Neapel besuchen, Gebäude, die sie nicht haben, oder um 2 Fuß die gefrorne Kälteste besser, welche Italien nämlich hätte, und die besten Orte für Gebäude wo? Wenn man Gebäude, die Wissenschaft und Kunst in Gebäudung, die unter gewissen Umständen eben sowohl

[1] Jugurtha, c. 79. Vera, lib. dem. de Cic. V, XXV, p. 67.

[2] Im 1ten gallischen Krieg, und im nämlichen Winter, wo Cäsar zur Flotte gieng, und sie gebauet wurde.

[3] Cic. c. 7. Vera, lib. dem. de Cic. V, XXV, p. 67.

[4] Vera, lib. dem. de Cic. V, XXV, p. 67.

[5] I, 41.

[6] Lib. XIX.

Dicke erreicht, minder stark; sie wird vorzüglich durch einen kühlen Wind befördert, welcher sich gegen Morgen erhebt, denn die Temperatur des Strohes kommt nie unter 2° C., ist aber wegen der über ihm statt findenden Verdunstung stets um etwa 2° C. niedriger, als die der höheren Luftschichten. Williams füllte zwei alte Gefäfse, deren Poren verstopft waren, und zwei neue mit Wasser aus einem tiefen Brunnen, dessen Temperatur 23°,34 zeigte, stellte sie gegen Abend an einen schattigen Ort, dessen Temperatur 35° war, und bemerkte, dafs die Wärme des Wassers in den alten Gefäfsen nach 4 Stunden bis 31°,1 gestiegen war, statt dafs sie in den neuen sich fortdauernd bei 20° erhielt[1].

464) Schnelle und starke *Ausdehnung expansibeler Flüssigkeiten* bindet Wärme, so wie ihre Zusammendrückung sie frei macht, ohne dafs jedoch die Gröfse der hierdurch gebundenen Wärme bis jetzt genau bestimmt wurde (§. 111); wenn aber das zweite Mittel der Kälteerzeugung, nämlich das der Dampfbildung, hiermit verbunden ist, so wird es hierdurch möglich, die Temperatur ausnehmend tief herabzubringen, ein Mittel, worauf Leslie zuerst die Aufmerksamkeit der Physiker richtete, die dasselbe nachher zu höchst interessanten Versuchen benutzten. Blofse Ausdehnung expansibeler Flüssigkeiten kann keine bedeutende Wärmeabsorption bewirken, weil die Wärme dem allgemeinen Gesetze ihres Verhaltens gemäfs der Anziehung zur Materie folgt, die hierbei fehlt, indem der Raum als solcher nicht eigentlich Wärme zu enthalten scheint (§. 301). Robinson[2] will aber gefunden haben, dafs Luft, deren Volumen er um ein Drittel vergröfserte, eine Erkältung von 10°,5 bis 11°,1 C. hervorbrachte; auch nahm schon Cullen[3] wahr, dafs schnelles Exantliren der Luft Kälte erzeuge, was de Saussure[4] durch Versuche bestätigte; in der Regel aber darf man voraussetzen, dafs bei bedeutender, durch Expansion der Luft erzeugter, Kälte Dampfbildung als vorzügliche oder mitwirkende

---

1 Vergl. die Art. *Ventilator* und *Verdunstung*. Dafs man die Erscheinung später aus der *Strahlung* der Wärme gegen den leeren Himmelsraum ableitete, möge hier beiläufig bemerkt werden.

2 Mechanical Philosophy. T. II. p. 166.

3 Essays of the Society of Edinburgh. T. II. p. 153.

4 Journ. de Physique. T. IV. p. 186. Vergl. Lambert's Pyrometrie S. 267.

Digitized by Google

rada verbanden. Als dieses geschah, trat Trudeau, der Vorsteher des Trudeau'schen Asyls durch die Eigenschaft verleitet, welche die Lungenschwindsucht den Kranken verleihe, sich der verpesteten Luft auszusetzen, in das Zimmer, wo die Kranken schliefen, ein, um sie, wie er durch wahrlich, auch den Gesetzen der Vernunft entgegen, sich selbst Lügen strafende Versuche bewies, zu heilen. Niederkorn die Hospitäler und Krankenanstalten, welche in Folge dieser Ansicht, und der Ansicht, dass die Luft „Träger der Krankheit" sei, durch Compression der Luft entstanden und ihre Expansion weiter absoluten Wesen entschieden haben, sind unzählige. Ich erwähne nur des Asyls für Blinde des Baron Regal zum englischen Thurme,[1] welches ist; des andern Asyls für Blinde hat eine etwas andere Einrichtung, wie das Asyl für Blinde in Wien, mit sogenannt hängenden Luft. Gerade aus dem Grunde, weil sie, wie die Luft in der Kugel a compressirt ist, die Compression auf sie gleich wirkt, wie auf die Luft, die sie um sich her hat; in diesen Intervals, als die Luft in der Kugel a expandirt, ist sie dann plötzlich in einer Luft, die dünner ist, als sie selbst ist, und in ihrem Expandiren entbehren Luft würde sie viel zu schnell expandiren, und sie würde, wie die Luft in der Kugel a, sich selbst sprengen, und das Gefäss, worin sie ist, zerstören, da sie jedoch, da sie jetzt Luft der verdünnten Dunst mit sich hinwegtragt entsteht, in vielen Fällen bei ihr die Luft Expansion eine wohlthätige Krankheit, wie Dr. Fenwick[2] sich ausdrückt, und Dr. Snow Beale[3] (S. 116) diese Entstehung durch Expansion der comprimirten Luft Sagt im Indianer, wenn die Luft sehr heiss ist, auch Dr. Snow Beale (S. 117) sagt, dass Compression der Luft eine wahre Lungenschwindsucht Krankheiten. Wenn wir Dr. Fenwick Sah, wenn Beale Luft um eine Compression, wie sie in Caissons, Taucherglocken, Bergwerken, Tiefen, Gruben, gebaut sind, und in Lungenkrankheiten durch die Ausströmen der sich freilenden Luft

[1] Philos. Magaz. and Ann. of Nat. T. 9, p. 241. Schmidt. Jahrb. 1836.

[2] Edinburgh Journ. of Science. N. S. Vol. 1.

[3] Schmidt's Jahrb. Th. 33. N. 3. S. 116.

aus der *Höll'schen Maschine* zu Schemnitz, wovon bereits die Rede war[1].

465) Die Dampfbildung wird befördert, wenn der entstehende Dampf kein auf der Flüssigkeit ruhendes Medium hebt oder in dieses beim Aufsteigen dringen mufs, sondern sich im leeren Raume frei ausbreiten kann. Man kannte daher längst das stärkere Verdampfen im luftleeren oder luftverdünnten Raume, und hierauf gründete J. T. Mayer[2] das von ihm angegebene, allerdings sichere Verfahren, selbst im heifsen Sommer Wasser zum Gefrieren zu bringen. Er füllte zu diesem Ende ein längliches Gläschen nicht ganz voll mit Aether, band eine Thierblase darüber, die mit einer Nadel an einigen Stellen durchstochen war, setzte es in ein anderes, etwas weiteres Gläschen, füllte den engen Zwischenraum zwischen beiden mit Wasser, und setzte beide in ein drittes geeignetes Glas, in welchem sich gleichfalls Aether befand. Wurde dann diese Vorrichtung unter eine Campane gestellt und 8 bis 10 Minuten lang exantlirt, so gefror das Wasser durch die Kälte des in beiden Gefäfsen verdunstenden Aethers. Aehnliche, zu gleichem Zwecke dienende Apparate haben Grotthuss[3] und Vogel[4] in Vorschlag gebracht. Alle früheren Verfahrungsarten wurden aber weit übertroffen durch die von John Leslie[5] angewandte, welche darin besteht, nicht blofs durch den luftverdünnten Raum die Verdampfung zu erleichtern, sondern zugleich den erzeugten Dampf durch eine ihn absorbirende Substanz schnell wegzuschaffen und somit die stets fortdauernde neue Bildung desselben zu befördern. Auf diese Weise wurde es möglich, das Wasser durch seine eigene Verdampfung gefrieren zu machen; denn obgleich sein Siedepunct höher liegt, als der mancher anderen, starke Kälte erzeugenden Flüssigkeiten, so ist dagegen auch die latente Wärme des Wasserdampfes unter allen die gröfste[6].

---

1 S. Art. *Pumpe*. Bd. VII. S. 976. Vergl. G. XVIII. 412.

2 Gren's neues Journ. Th. II. S. 358.

3 Allgemeine nord. Annalen. Th. II. S. 6.

4 Bulletin de Pharmacie. 1811. Août.

5 Biblioth. Britann. T. XLVI. p. 314. Schweigger's Journ. Th. II. S. 209. G. XLIII. 373. Annales de Chim. 1811. Mai. Philos. Magaz. 1818. Jun. Biblioth. univ. T. VIII. p. 196.

6 Gay-Lussac wiederholte das von Leslie vorgeschlagene Verfahren und brachte dadurch das Quecksilber zum Gefrieren, wobei

SLIE's Verfahren besteht darin, das Wasser, welches ge-
ieren soll, in einem flachen Gefäfse über einem weiteren, mit
hwefelsäure gefüllten, unter der Campane einer Luftpumpe
fzustellen und zu exantliren. Er wandte gewöhnlich eine
ndertfache Verdünnung an, doch genügt auch eine funfzig-
che, und beim Mangel einer guten Luftpumpe, oder wenn
an die Sache in kurzer Zeit zeigen will, kann man einen
ssen Schwamm über der Schwefelsäure aufhängen, welcher
hr schnell gänzlich erstarret. Ist das Eis einmal gebildet, so
nn das Vacuum weniger stark seyn, je luftleerer aber der
mm ist, desto stärker dauert die Verdunstung auch des
ses fort, welches viele Grade unter dem Eispuncte, fast bis
m Gefrierpuncte des Quecksilbers erkaltet und dadurch all-
älig verschwindet, bis es nach einigen Tagen, je nach der
röfse der Massen, gänzlich verzehrt ist. Will man durch
rdunstung des Eises das Quecksilber zum Gefrieren bringen,
obei aber wohl die Campane von aufsen abgekühlt werden
ufs oder mehrere, zunehmend gröfsere Campanen über einander
f den Luftpumpenteller gestellt werden, so umgiebt man ein
was Quecksilber enthaltendes Röhrchen zuerst mit einer Eis-
nde, indem man es unter der Campane im Vacuum wieder-

---

jedoch die Campane von aufsen durch eine Mischung von Schnee
d Kochsalz abkühlte. Um den Grad der durch Verdunstung er-
ugten Kälte zu bestimmen, schlägt er folgende Formel vor. Es sey
die Gröfse der Erkältung in Centesimalgraden; l die latente Wär-
des Dampfes; $\varphi(x)$ die Elasticität des Dampfes bei der Tempera-
x; δ die Dichtigkeit des Dampfes gegen Luft als Einheit; t die
mperatur der Luft in Centesimalgraden; p ihr Druck in Metern;
ihre Wärmecapacität gegen die der Flüssigkeit als Einheit genom-
n, so ist:

$$\varphi(x)\,\delta\,l = \left\{p - \varphi(x)\right\}(t - x)\,c.$$

ese Formel kommt vorzüglich in Anwendung, wenn eine Gasart über
e nasse Thermometerkugel hinströmt und man deren specifische
ärmecapacität zu bestimmen wünscht, s. §. 882. Auf Wasser angewandt
mt Gay-Lussac die latente Wärme des Wasserdampfes $l = 550°$ C.
obei aber vom Siedepuncte an zu rechnen wäre, vergl. §. 406 ff.),
Dichtigkeit desselben $\delta = \frac{10}{16}$; die Wärmecapacität der Luft (nach
ARAGHE und BÉRARD) $c = 0{,}2669$, und nach LAPLACE:

$$\varphi x = 0{,}76^{m}\left(10\right)^{x}.0{,}0154547 - x^{2}.0{,}0000625826,$$

Ann. de Chim. T. XXI. p. 82.

holt in ein Gefäfs mit Wasser über Schwefelsäure taucht und das anhängende Wasser gefrieren läfst; dann nimmt man das Wassergefäfs weg, senkt das Röhrchen bis 0,5 Zoll Abstand über die Oberfläche der Schwefelsäure herab und exantlirt bis auf 0,1 Zoll der Barometerprobe. Leslie nahm statt der Schwefelsäure auch salzsauren Kalk, fand diesen aber weniger wirksam, ebenso getrockneten und pulverisirten Trapp-Porphyr, auch getrocknetes feines Hafermehl, die zwar einige, aber weit geringere Wirkungen äufserten[1]. Er beabsichtigte anfserdem, dieses Verfahren für technische und ökonomische Zwecke zu benutzen, denn er nahm ein Patent darauf, und wirklich hat man es später häufig nicht blofs zum Austrocknen und zum Eindicken von Säften angewandt, sondern auch Pumpen im Grofsen ausgeführt, die durch Dampfmaschinen getrieben werden und in Ostindien dazu dienen, Eis zur Abkühlung der Getränke zu bereiten, was keinen grofsen Aufwand erfordert, da sich die angewandte Schwefelsäure zum neuen Gebrauche in Platinschalen wieder abdampfen läfst. Dafs Physiker und Chemiker häufig dieses Mittel zur schnellen Bereitung kleiner Quantitäten Eis benutzen, ist eine jetzt genügend bekannte Sache.

466) Leslie's Entdeckung wurde mit grofsem Beifall aufgenommen, und wohl alle Physiker machten sich das Vergnügen, die einfache Erscheinung selbst wahrzunehmen, mehrere verfolgten sie aber in ihren verschiedenen Modificationen oder strebten danach, sie zu technischen Zwecken mit Vortheil anzuwenden, wie Clement und Desormes[2], die dadurch Montgolfier's Verdampfungsapparat[3] ersetzen wollten. Ausführlich wurde aber das Problem behandelt durch Configliachi[4], welcher nach erhaltener kurzer Notiz sogleich den Versuch wiederholte und nach dem Gelingen desselben die Sache weiter verfolgte. Zuerst umgab er eine Thermometerkugel mit einem nassen Schwamme, erzeugte ein starkes Vacuum, sicherte die Campane, worin das Thermometer an einem Seidenfaden auf-

1 Philos. Magaz. 1817. Apr. u. Juli. Bibl. univ. T. VI. p. 85.

2 Ann. de Chim. 1811. Mai. G. XLIII. 378.

3 Vergl. Art. *Verdunstung*. Bd. IX. S. 1735.

4 Memoria sul freddo prodotto cet. Pavia 1811. Journ. de Phys. T. LXXVI. p. 258. Brugnatelli Giorn. T. IV. p. 208 u. 287. G. XLIII. 341. Schweigger's Journ. II. 335. IX. 54.

Digitized by Google

egen war, durch das rasche Anfüllen gasförmigen Gases bis zu einer gewissen Spannung, welche die Ausdehnung der Hülle nicht mehr gestattete, und durch das Ausströmen des überschüssigen Gases, wenn die Ausdehnung eintrat. Solche Hüllen können so stark, wenn die Reisigstat nur recht widerstandsfähig. Wichtiger scheint mir, daß gleichen Gehalten hingen, wollt man zum Ausschalten der Ballons, wenn sie sich zu stark ausdehnen, nicht bis Stationen hat zu der verwendeten Substanzen sie stimmen und Ausdehnung, wenn sie mit derselben gefüllt sind, ungefähr gleichmäßig zu machen. Diese Hüllen Wasser enthin, die Erhöhung vollständig eine Betrieb- wie Bauch. Als bei einem Versuche mit dem Schlossen Versuch bis auf 1,1 Million, gleichviel war, und die Versuch mit verschiedenen Füllungen bis — 27° C. Beob- Ver- Ballons Ballons Ballons

Substanzen	Kälte	Barometer Millim.	Wasser gefror
feste Phosphorsäure . . .	1°,5 C.	6,765	nicht
trocknes kaust. Kali . .	—3,0 —	2,818	gänzlich
essigsaures Kali, säuerlich	—2,0 —	3,945	zum Theil
neutral .	—3,0 —	3,382	zum Theil
getrocknet	—2,75—	3,199	gänzlich
basisch . .	—3,0 —	3,066	gänzlich
chlors. Kali, krystallis. . .	2,0 —	7,328	nicht
nicht krystallis. . .	—2,5 —	3,199	gänzlich
salpeters. Ammoniak, krystall.	5,0 —	7,992	nicht
schwefels. Natron, trocken	8,0 —	9,020	nicht
Schwefelsäure	—18,5 —	0,751	gänzlich

Die Folgerungen hieraus ergeben sich von selbst, doch verdienen folgende Bemerkungen beachtet zu werden. Bei grofser äufserer Wärme ist es vortheilhaft, den Recipienten zu benetzen und mit einem Blasebalge dagegen zu blasen. Weil sich die Schwefelsäure erhitzt, so stellt man das Gefäfs derselben am besten auf den Teller der Luftpumpe und bringt das Wasser in einige Höhe darüber. Eine vorausgehende Erkältung des Wassers bringt geringen Vortheil, denn es gefror auch, wenn es vorher 85° C. zeigte. Die Wirkung erfolgt in einem kleineren Recipienten schneller, als in einem grofsen. Die Menge des verdunstenden Wassers, wodurch der Rest gefriert, beträgt ungefähr ein Achtel, was mit der Theorie nahe genug übereinstimmt; denn setzt man von 0° C. ausgehend die latente Wärme des Wassers = 75 und die des Dampfes = 650, so ist deren Verhältnifs nahe genau = 1:9, und $\frac{1}{9}$ würde also zur Erreichung des Gefrierens noch nicht genügen, zumal wenn das Wasser über 0° C. erwärmt ist.

467) Configliachi untersuchte darauf die durch das Verdunsten noch flüchtigerer Flüssigkeiten entstehende Kälte. Zuerst umgab er die Kugel eines Quecksilberthermometers mit einem in Schwefeläther von 0,74 spec. Gewicht getauchten Schwamme, brachte ihn ohne absorbirendes Mittel unter eine Campane, und als er bemerkte, dafs dasselbe unter den Gefrierpunct des Quecksilbers herabsank, nahm er eine Kugel an einer Thermometerröhre, welcher Apparat so eingerichtet war, dafs das Quecksilber beim Gestehen ganz in die Kugel herabsank, und es gelang ihm damit, bei einer äufsern Temperatur

Digitized by Google

von 20° C. die Gewichtsteile entweder von Schwefeln zu Schwefeln, so daß in gegen 4 Minuten in diesem Intervalle blieb, innerhalb welcher Zeit sich die Temperatur um 1° C. erhöhte. Nachdem auf diese Weise 1 kg Schwefel in 40 Stunden 15 Minuten geschmolzen, wurde das Gefäß mit dem Schwefel in ein Wasserbad gebracht, dessen Temperatur 120° C. betrug, und nachdem der Schwefel wieder vollkommen flüssig geworden war, wurde er in dem Gefäße unter Umrühren mit einem Thermometer bis auf 140° C. abgekühlt, worauf er in Stangenform gegossen wurde. Nach dem Erkalten wurden die Stangen zerbrochen, und es zeigte sich, daß der Schwefel in seiner ganzen Masse eine gleichförmige, strahlig-blätterige Textur angenommen hatte. Das spezifische Gewicht des Schwefels betrug nun 2,046, während es vor dem Schmelzen 2,033 betragen hatte. Der Schwefel hatte also durch das Schmelzen und Erkalten eine Zunahme seines spezifischen Gewichtes um 0,013 erfahren.

Die folgende Tabelle gibt die Resultate der Versuche, welche Kopp mit Schwefel, Phosphor, Wachs, Talg, Wallrat, Bienenwachs, Kampfer, Naphtalin, Paraffin, Schwefelkohlenstoff, Wasser, Alkohol, Äther, Terpentinöl, Leinöl, Olivenöl, Mandelöl, Rüböl, Mohnöl, Nußöl, Leinölfirnis, Steinkohlenteeröl, Quecksilber, Zink, Wismut, Zinn, Blei, Kadmium, Antimon, Silber, Kupfer, Eisen, Platin, Gold, Iridium, Palladium, Rhodium, Osmium, Tellur, Arsen, Selen, Kalium, Natrium, Lithium, Kalzium, Strontium, Barium, Magnesium, Aluminium, Beryllium, Yttrium, Thorium, Zirkonium, Cer, Lanthan, Didym, Erbium, Terbium, Ruthen, Titan, Tantal, Niobium, Vanadium, Molybdän, Wolfram, Uran, Chrom, Mangan, Kobalt, Nickel, Zink, Kadmium, Indium, Thallium, Blei, Wismut, Zinn, Antimon, Arsen, Tellur, Selen, Silber, Kupfer, Quecksilber, Platin, Gold, Palladium, Iridium, Rhodium, Osmium

die erhaltenen Resultate setzen dem Bekannten nichts Neues hinzu. Wichtig sind dagegen die Versuche, welche Gay-Lussac[1] anstellte, indem er getrocknete Luft gegen eine mit Wasser benetzte Thermometerkugel blasen liefs und das dadurch erzeugte Maximum der Erkaltung unter die Temperatur der Umgebung mit der theoretischen Bestimmung derselben verglich; es dürfte indefs sehr schwer seyn, für die letztere die erforderlichen Gröfsen mit nöthiger Schärfe zu erhalten, weswegen ich blofs die durch Erfahrung gefundenen Werthe, die von den berechneten zunehmend abweichen, hier mittheile, wobei t die Temperatur der Umgebung und t′ die durch die Verdunstung erzeugte Kälte unter dieser Temperatur in Centesimalgraden bezeichnet.

t	t′	t	t′	t	t′
0°	5°,82	9	8°,61	18°	11°,96
1	6,09	10	8,97	19	12,34
2	6,37	11	9,37	20	12,73
3	6,66	12	9,70	21	13,12
4	6,96	13	10,07	22	13,51
5	7,27	14	10,44	23	13,90
6	7,59	15	10,82	24	14,30
7	7,92	16	11,20	25	14,70
8	8,26	17	11,58		

Es ergiebt sich aus dieser Tabelle, dafs die Grade der erzeugten Kälte um so mehr wachsen, je gröfser die Wärme der Umgebung ist. Hieraus folgt von selbst, dafs sie in einem ähnlichen Verhältnisse abnehmen, wenn die letztere unter den Gefrierpunct herabgeht, was auch durch die Formel ausgedrückt wird, wonach bei — 25° äufserer Temperatur nicht mehr als 1°,45 Kälte erzeugt werden würde, aus dem einfachen Grunde, weil die Dichtigkeit des Dampfes, und sonach die Menge des verdampfenden Wassers, mit abnehmender Temperatur gleichfalls abnimmt. In einem genügenden theoretischen Ausdrucke dieser Gröfsen müfste zugleich auch die mit der Temperatur abnehmende Wärmecapacität des Wasserdampfes aufgenommen werden, worüber bis jetzt die Bestimmungen fehlen. Hare[2]

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XXI. p. 82.

2 London and Edinburgh Philos. Magaz. N. LXVII. p. 825.

Digitized by Google

bei der Wiederholung der bekannten Versuche, dafs der
ier, den man anwendet, um das Wasser gefrieren zu ma-
, die Ventile und inneren Theile der Luftpumpe angreift,
dafs man diesem Uebel durch ein untergestelltes Gefäfs
Schwefelsäure begegnen kann. Das Gefrieren des Wassers
Schwefelsäure im Vacuum fand er schwierig [1], vermuthlich
en mangelhafter Wirksamkeit der gebrauchten Pumpe, doch
ng es ihm später, wenn er den Versuch länger fortsetzte
durch eine eigene Vorrichtung stets aufs Neue Wasser hin-
hrte, eine 2 Zoll dicke Eismasse zu erzeugen. Dagegen
Dove [2] keine Schwierigkeit, das Quecksilber selbst bei
75 C. äufserer Wärme vermittelst Schwefeläthers über
vefelsäure gefrieren zu machen; interessant aber ist die
h ihn geschehene Umkehrung des Versuches, indem er die
rmometerkugel mit Schwefelsäure benetzte, Aether darunter
te und beim Exantliren Wärmevermehrung wahrnahm.
ICET [3] erweiterte das Gebiet der bis dahin gemachten Er-
ngen, indem er eine neue und bei weitem die wirksamste
stanz, den Schwefelkohlenstoff, anwandte. Wird die Ku-
eines Thermometers mit einem Stücke Flanell oder besser
wand umwickelt, dann in Schwefelkohlenstoff getaucht
frei gehalten, so sinkt die Temperatur derselben bald von
6 bis — 17°,8 C., statt dafs auf gleiche Weise Aether es
bis — 6°,7 und Alkohol nur bis 10° herabbringt. Um die
dunstung zu verstärken, kittete er die Röhre des Wein-
thermometers in einen messingnen Deckel, brachte auf diese
se die mit Leinwand umwickelte und in Schwefelkohlen-
getauchte Kugel in eine kleine Campane und erreichte
h schnelles Auspumpen der Luft, dafs die Wärme dessel-
von 21°,1 bis — 56°,6, ja selbst bis — 62°,2 herabsank.
on früher hatte derselbe [4] das Quecksilber durch Aether, in
chen die mit Leinen umwickelte Kugel getaucht war, im
uum sowohl ohne, als auch mit Anwendung von Schwe-
ure zum Gefrieren gebracht und dabei dessen starke Zu-
menziehung beobachtet; es war ihm daher ein Leichtes, die-
auch durch Schwefelkohlenstoff zu bewirken. Dieser Ver-

1 London and Edinb. Philos. Mag. N. XXIX. p. 377.
2 Poggendorff's Ann. XIX. 356.
3 Philos. Trans. 1813. G. XLVIII. 167. LII. 281.
4 Nicholson's Journ. 1813. Febr.

such geräth leicht, auch wenn das Vacuum nur 0,25 Zoll beträgt; den höchsten angegebenen Kältegrad erreicht man aber nur, wenn das Barometer die Hälfte dieser Gröfse zeigt.

Wie überraschend aber diese Wirkungen sind, so werden sie dennoch von denen übertroffen, die man durch Verdampfung der von Bussy[1] tropfbar-flüssig dargestellten schwefligen Säure erhalten kann, deren Siedepunct bei — 10° C. liegt. Bringt man 20 Gran Quecksilber in einem Uhrglase mit ebenso viel dieser Säure übergossen unter die Campane der Luftpumpe, so gefriert das Metall augenblicklich. Inzwischen ist dieser Versuch sehr unbequem, denn er erfordert eine äufsere Temperatur unter dem Gefrierpuncte dieser Säure, also unter — 10°, und aufserdem greift zwar auch der Schwefelkohlenstoff, aber noch stärker die schweflige Säure die Ventile der Luftpumpe an. Durch die mächtig erkältende Wirkung dieser Flüssigkeit kann man das Quecksilber auch ohne Luftpumpe, wenn auch minder schnell, zum Gefrieren bringen, wenn man sie auf eine mit Baumwolle umwickelte Kugel tröpfelt und der Verdampfung in kalter, trockner Luft aussetzt. Das Quecksilber sinkt dann regelmäfsig bis — 36° C., zieht sich hierauf schnell in die Kugel und ist erstarrt. Unter der Luftpumpe erfolgt das Gefrieren so schnell, dafs die Oberfläche des Metalls in Folge der Krystallisation und plötzlichen Zusammenziehung uneben wird. Tröpfelt man die Säure vorsichtig auf Wasser, so erzeugt sie augenblicklich eine Hülle von Eis[2].

---

1 Schweigger's Journ. Th. XLI. S. 453 aus Journ. de Pharmacie 1824. Avr. p. 202. Die Säure wird bei äufserer Kälte bereitet, indem man gleiche Theile Quecksilber und Schwefelsäure in einen Kolben bringt, den Hals desselben durch Schnee kalt erhält, die sich entwickelnde Säure durch eine Röhre mit salzsaurem Kalk von der Feuchtigkeit befreit und in einem kleinen Kolben niederschlägt, welcher in einer Mischung von 2 Th. Schnee und 1 Th. Kochsalz liegt.

2 Bekanntlich haben verschiedene Gelehrte die Entstehung des *Hagels* aus der Verdunstungskälte in den höheren Regionen zu erklären gesucht, namentlich auch Ideler in seiner an Thatsachen überreichen Schrift: Untersuchungen über den Hagel und die elektrischen Erscheinungen in unserer Atmosphäre. Leipz. 1833. S. 60 ff., und allerdings ist es verführerisch, wenn man die enormen Kältegrade liest, die hierdurch erzeugt werden; allein die hierzu erforderlichen Bedingungen sind in jenen Regionen nicht vorhanden, und unter solchen, wie sie daselbst gegeben sind, würde es unmöglich seyn, nur

(2) Auf die andre Verdeutlichung der Stelle in Schillers Brief Wilhelmine[1] der Constitution seines Körpers (ihre eigne, die Schillers, ist gleich, ich sage, eine andre Conjektur), einen leidend-sensitiv sanguinischen Typ[2]. Ihr Körper ist ihr Schicksal, sie ist ihm ausgeliefert, sie ist seinem passiven und aktiven Leiden, seinen Launen, ja, sagen wir, der Symptomen seiner Krankheit unterworfen. Sie ist ihm ganz Natur, ganz Körper, ganz Sinnlichkeit, ganz Weib. Sie ist ihm ganz Sorge um ihn, ganz Liebe, ganz Hingebung, ganz Aufopferung, ganz Mitleiden, ganz Mitempfindung, ganz Mitsterben. Sie ist ihm ganz Weib, ganz Mutter, ganz Amme, ganz Krankenwärterin, ganz Leichenwäscherin

nimmt, welcher dann durch Dampf aus dem Wasser der entfernten Kugel ersetzt wird, so dafs auch dieses in Folge des hierdurch latent werdenden Wärmestoffes gefriert. Das Erhalten der ersten Kugel läfst sich auch durch Verdunstung bewirken, wie namentlich durch MARCET vermittelst der erwähnten Methoden geschehn ist. Die hierbei entstehende Kälte ist dem Unterschiede zwischen der durch Verdampfung latent und der durch die Eisbildung frei werdenden Wärme proportional. WOLLASTON's hierauf gegründete Gröfsenbestimmungen sind aber nur annähernd angegeben und haben daher auf eigentliche Beachtung keine gegründeten Ansprüche. Eine andere Construction dieses Apparates, die ich aus einem schönen Exemplare von WATKINS in London kenne, bietet noch gröfsere Bequemlichkeit dar. Eine auf 13 Zoll lang gerade Glasröhre, einer etwas weiten Barometerröhre gleichend, ist an der einen Seite mit einem halbkreisförmig gebogenen Theile versehen, woran sich eine, hiernach vertical herabhängende Kugel von 3 Zoll Durchmesser befindet, deren etwa 0,1 ihres Inhalts ausfüllendes Wasser eine verhältnifsmäfsig grofse Oberfläche darbietet. Am andern Ende der Röhre ist ein ungefähr 3,5 Zoll langer, 1,5 Zoll weiter Cylinder angeblasen, worin sich der andere, ungefähr 0,3 bis 0,25 des Inhalts ausfüllende, Theil Wasser befindet. Diesen Cylinder senkt man in die kältemachende Mischung, kann das Instrument ruhig in seiner verticalen Richtung stehn lassen und sieht dann das Eis in der grofsen Kugel gestehn.

Fig. 68.

470) Alle frühere Kältegrade werden bei weitem übertroffen durch die Verdampfung der *liquid gemachten Kohlensäure*. THILORIER[1] hatte sich schon mehrere Jahre damit beschäftigt, die Kohlensäure mittelst einer eigens hierzu construirten, bis 10000 Atmosphären wirkenden Pumpe tropfbar-flüssig zu machen, und als ihm dieses gelungen war, mischte er die entstandene Flüssigkeit mit Alkohol oder Schwefeläther und fand, dafs 50 Gramm Quecksilber in einen Strahl dieser Mischung gehalten in wenig Secunden gefroren. Noch überraschender aber

1 Ann. de l'Industrie et française et étrangère. T. IV. p. 15[illegible] Bulletin de la Soc. d'Encouragement 1830. p. 845. L'Institut 1834. N. 58. 1835. N. 126 u. 127. Poggendorff's Ann. XXXVI. 141. Ann. de Chim. et Phys. T. LX. p. 427.

Digitized by Google

ar das Phänomen, dafs ein Strahl der reinen flüssigen Koh-
nsäure in ein kleines Gläschen geleitet eine bis — 100° C.
ch Schätzung steigende Kälte erzeugte, wodurch die Flüs-
gkeit in einen schneeähnlichen festen Körper verwandelt
rde. Ein in den Strahl gehaltenes Thermometer ging bis
87° C. herab, und es würde wohl bis — 93° herabgegangen
yn, wenn es ganz der Kältewirkung ausgesetzt worden wäre.
ILLORIER hat diese Entdeckung später weiter verfolgt, die
parate verbessert und durch die feste Kohlensäure den Phy-
ern ein Mittel gegeben, die Gefrierpuncte derjenigen Körper
untersuchen, die allen früher bekannten Mitteln trotzten,
von unten bei der Untersuchung des Gefrierens weiter die
de seyn wird. Der Apparat, dessen man sich in Paris zu-
xt bediente[1] und durch dessen Zerspringen am 30sten Dec.
40 der Gehülfe HERVY den Tod fand, indem ihm beide
henkel zerschlagen wurden, besteht aus einem gufseisernen Fig.
linder von 0,487 Met. Höhe, 0,271 Met. Weite und 0,054 69.
et. Dicke. In seiner Mitte ist er zwischen zwei Säulen B B
fgehangen, so dafs er sich hin und her wiegen läfst, um den
halt besser durch einander zu schütteln. Der innere Raum b b
rd mit doppeltkohlensaurem Natron angefüllt und dieses
t einem hölzernen Cylinder festgestampft, dann bringt man
n hohlen, am einen Ende verschlossenen Cylinder A so
nein, dafs er in dem Salze feststeckt, füllt ihn mit Schwefel-
ure und verschliefst den Apparat durch einen zugeschraubten
ckel, in welchem sich ein kupferner Hahn befindet, um nach
fallen von der Kohlensäure herauszulassen. Die Reaction
ginnt sogleich, durch Schaukeln verbreitet sich die Schwefel-
ure überall, die entbundene Kohlensäure wird durch den hef-
en Druck tropfbar-flüssig und selbst schneeartig fest. Man
st sie durch das aufgeschraubte Rohr D in den Cylin-
r E übergehn, und wiederholt die Bereitung so oft, bis
zterer mit einer genügenden Menge tropfbar-flüssiger Koh-
nsäure angefüllt ist, die dann, wenn man einen Theil in
sform entweichen läfst, durch die erzeugte Verdunstungskälte
st wird.

---

1 Journal de Chimie médicale N. II. T. VII. 2me Sér. p. 57.
e Zeichnung daselbst ist nur ein undeutlicher Holzschnitt.

F. Wirkungen der Wärme.

1) Ausdehnung der Körper durch dieselbe.

471) In allen bisherigen Untersuchungen ist die Wärme oder eigentlicher der Wärmestoff, in Beziehung auf seine Verbindung mit wägbaren Stoffen, stets als repulsive Potenz oder als Träger dieser Potenz betrachtet worden, und es würde überflüssig seyn, hier nochmals vom *stabilen Gleichgewichte* der Körper zu handeln, welches darin besteht, dafs die Atome der Körper einander anziehn, zugleich aber die sich einander abstofsenden Elemente des Wärmestoffes anziehn, so dafs aus dem Conflicte dieser beiden Kräfte der beharrliche Zustand der Festigkeit, tropfbaren Flüssigkeit oder Gasform entsteht. Hieraus folgt unmittelbar, und man darf wohl sagen nothwendig, dafs die Vermehrung der Wärme die Molecüle der Körper weiter von einander entfernen, also die Massen ausdehnen müsse, was auch mit der Erfahrung vollkommen übereinstimmt; es folgt aber keineswegs daraus, dafs die Wärme eine eigentliche Abstofsung, als Wirkung in die Entfernung, ausübe. Sollte dieses statt finden, so müfsten die zwischen den abgestofsenen Körpern aufgehäuften Wärmeatome sowohl mefsbare Durchmesser haben, damit ihre Anhäufung eine mefsbare Gröfse bildete, als auch sich bei dieser Anhäufung im Zustande der Ruhe befinden, welches beides mit den bekannten Erscheinungen der Wärme im Widerspruche steht. Die Wärme wird durch die Anziehung der Molecüle wägbarer Körper zurückgehalten, und zwar mit einer solchen Kraft, dafs sie bei dem Entweichen von denselben sogar Theilchen in Dampfform mit sich fortreifst, wenn der Flüssigkeitszustand der Körper dieses erlaubt. Trennt sie sich aber ohne dieses von den Körpern, so tritt diejenige Bewegung ein, die wir *Strahlung* nennen, wobei sie nach schneller Bewegung stets wieder an einen andern Körper (so weit unsere genugsam begründeten Erfahrungen reichen) übergeht. Die Repulsion der Wärme wirkt nie anders, als der Adhäsion ähnlich in unmefsbare Ferne, wie sich auffallend in den Erscheinungen zeigt, die Leidenfrost's Versuch (§. 271 f.) darbietet, und wenn auch eine Art rückwirkender Abstofsung beim Uebergange aus einem Körper in den andern bei unmittelbarer Berührung ihrer Flächen statt fände, wie einige zu

Digitized by Google

rklärung der Oscillationen des *Wacklers* annehmen (§. 285 ff.), ist dieses noch immer keine Wirkung in die Entfernung. inige Physiker wollen aber eine durch Wärme erzeugte *Repul-on*[1] aus unzweifelhaften Phänomenen folgern. In den neue-n Zeiten ging Libri[2] mit dieser Hypothese voran, die er uptsächlich auf die Thatsache stützte, dafs Tropfen von Flüs-keiten, die an Drähten hängen, der Schwere entgegen sich fwärts bewegen, wenn man das Ende der Drähte erhitzt, zu-eich aber fand er eine Bestätigung derselben in dem Verhal-n zweier Flammen, die sich (scheinbar) abstofsen, wie denn ch diese Repulsion Ursache derjenigen Wirkungen seyn soll, elche Davy's Drahtgeflechte (§. 150 u. 151) zeigen. Für die ängst von ihm aufgestellte Hypothese einer der Wärme zu-mmenden eigentlichen Repulsion erklärte sich aufser Andern ch Berzelius[3], sofern das Aufsteigen der Tropfen an er-tzten Drähten daraus erklärbar werden sollte; Fresnel[4] urde dadurch veranlafst, seine bekannten Repulsionsversuche nzustellen, Saigey[5] beobachtete bei seinen Untersuchungen r Entwickelung des Magnetismus in verschiedenen Körpern hänomene, die er aus keiner andern Ursache, als aus einer epulsion durch Wärme erklären zu können glaubte, und auch Duillet[6] betrachtete die von Libri und Fresnel gemachten eobachtungen, indem er namentlich die Versuche des Letzte-n wiederholte, als beweisend für eine solche repulsive Kraft r Wärme. Eigene Versuche zeigten mir jedoch die eigent-he Ursache der durch Fresnel und Andere wahrgenommenen bstofsungen[7], und das Phänomen der abgestofsenen Tropfen igt sich bei näherer Betrachtung als nicht beweisend, weil i einer vorhandenen Repulsion die *Adhäsion*, vermöge wel-er der Tropfen am Drahte fortwährend hängen bleibt, nicht ofs zuvor = 0 werden, mithin der Tropfen herabfallen, son-

1 Vergl. Art. *Abstofsung*. Bd. I. S. 120.

2 Bibliothèque univers. T. XXXIV. p. 178. Poggendorff's Ann. , 294.

3 Jahresbericht. Neunter Jahrg. Tüb. 1830. S. 45.

4 Ann. de Chim. et Phys. T. XXIX. p. 57 und 107. Bulletin de Soc. Philom. 1825. Juin. p. 84.

5 Ferussac Bullet. des Sc. math. T. IX. p. 89. 167. 239.

6 Journ. de Pharmac. T. XIV. p. 150.

7 Vergl. Art. *Temperatur*. Bd. IX. S. 547. Anm. 3.

dern auch mit einer gewissen, in Beziehung auf die Adhäsion negativen Kraft fortgestofsen werden müfste, was selbst bei der Glühhitze der Metalle nicht geschieht, insofern sich der Tropfen nie so weit von der Metallfläche entfernt, dafs das Licht zwischen beiden durchgehn könnte (§. 273). Das Ganze beruht also auf einer durch die Hitze bewirkten Verminderung der Adhäsion[1]. Um dieses deutlicher zu übersehn, sey die Stärke der Adhäsion des Tropfens am Drahte von mittlerer Temperatur $= a$ und werde durch eine Temperaturerhöhung von t Graden um $t^{\omega}x$ vermindert, so wird sie dann $= a - t^{\omega}x$ seyn, worin sowohl ω als auch x bis jetzt noch unbekannt sind. Das Verhältnifs der Anziehungen, welche die kältere Stelle ausübt, zu der der wärmeren Stelle wird hiernach $= a : (a - t^{\omega}x)$; der Tropfen wird allerdings durch die gröfsere Kraft der kälteren Stelle von der wärmeren weggezogen, allein es findet an der letzteren fortdauernd noch eine Anziehung $= t^{\omega}x$ statt. Ist aber die letztere Gröfse auch noch so klein, so dafs der Tropfen von der wärmeren Stelle zu der kälteren der Schwere entgegen hingezogen wird, so folgt doch keineswegs aus den bis jetzt bekannten Erfahrungen, dafs sie bei irgend einer Temperatur $= 0$ oder gar negativ werde. Neuerdings hat Baden Powell[2] das Problem einer *Abstofsung durch Wärme* abermals zum Gegenstande genauer Untersuchungen gemacht, aus denen hervorgeht, dafs die Repulsivkraft der Wärme die Capillaradhäsion nicht überwinden kann, dennoch aber zeigt sie sich so unverkennbar durch Abänderung der Gestalt Newton'scher Farbenkreise, dafs nach seiner Ansicht, unterstützt durch eigens von ihm selbst angestellte Versuche, die durch Fresnel und Saigey wahrgenommenen Erscheinungen als Folgen derselben zu betrachten seyn sollen. Wenn wir es aber als ausgemacht ansehn, dafs die Wärmerepulsion die Adhäsion tropfbarer Flüssigkeiten zu festen Körpern zwar zu schwächen, aber nicht aufzuheben vermag und zugleich berücksichtigen, dafs auch zwischen festen Kör-

1 Vergl. Poggendorff's Ann. XXII. 208.

2 Philos. Trans. 1834. P. II. p. 485. Poggendorff's Ann. XXXIV. 636. Reports of Brit. Ass. Fourth Rep. p. 549. Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. LXXV. p. 317.

Digitized by Google

stets voll. Addieren zwei Stöße, welche durch Wirkungen so plötzlich geschehen wird, dass sich eine plötzliche Geschwindigkeitsänderung ergibt, so addieren sich auch die durch solche Stöße in den Körpern hervorgebrachten Summen der Bewegung. Verschiedene Bedeutungen vor indirekt sind, so sind die hieraus entstehenden Wirkungen dieser durch Wirkungen sich ergebenden Veränderungen erzeugten Kräfte, wie z. B. die Wirkungen der Gravitation durch Impulsion der Wirkung als die jetzt zum gemeinsamen Schwerpunkt, welche aus Schwächung der Attraction, wenn sie durch Stöße, welche durch Wirkungen der Körper auf einander Stöße durch Anziehung hervorgebracht werden, addieren sich

leicht, die Principien kurz darzustellen, von denen er hierbei ausgeht. Ist das anfängliche Volumen eines Körpers $= v$ und dehnt er sich, von irgend einem Puncte des Thermometers ausgehend, durch eine gegebene Vermehrung der Wärme um $\frac{1}{m}$ aus, so ist bei der erhöheten Temperatur sein Volumen

$$v' = v\left(1 + \frac{1}{m}\right).$$

Wird diesem Körper abermals eine gleiche Menge Wärme zugeführt, so wird sein Volumen

$$v'' = v'\left(1 + \frac{1}{m}\right) = v\left(1 + \frac{1}{m}\right)^2,$$

also überhaupt für eine gleiche Menge von Wärmeincrementen, die x heifsen möge,

$$v = \left(1 + \frac{1}{m}\right)^x.$$

Dieses soll bei den expansiblen Flüssigkeiten statt finden, wie zwar schon von Andern gleichfalls behauptet worden ist, keineswegs aber mit der allgemeinen Erfahrung übereinstimmt und auch nicht aus dem wesentlichen Verhalten der Wärme, welche durch ihre Repulsivkraft die Molecüle der Körper weiter von einander entfernt, sofern uns dieses, jedoch nur unvollkommen, bekannt ist, nothwendig folgt. Schitko deutet zwar bei seiner Argumentation an, dafs man eigentlich vom natürlichen, d. h. absoluten, Nullpuncte ausgehn müsse, allein was hierfür gilt, läfst sich auch für jedes Intervall der Thermometerscale geltend machen, wenn wir eine gegebene Temperatur statt $= t$ vielmehr $= z + t$ setzen, wonach dann die Zunahme eine Reihe $= z + t;\ z + 2t;\ z + 3t \ldots z + nt$ bilden würde, die Summe der Grade unterhalb $t = z$ gesetzt, wodurch jedoch das Verhältnifs nicht abgeändert wird, da jedes Glied durch z dividirt werden kann. Soll nämlich dem nach einer geometrischen Reihe wachsenden Volumen

$$= v;\ v\left(1 + \frac{1}{m}\right);\ v\left(1 + \frac{1}{m}\right)^2 \ldots v\left(1 + \frac{1}{m}\right)^n$$

eine die erweiterten Räume ausfüllende proportionale Menge Wärme zugeführt werden, so müfsten die Temperaturen gleichfalls in einer Reihe

$$w = \left(\frac{t}{\tau}\right)^2 \cdot \left(\frac{t}{\tau}\right)^2 \cdot \left(\frac{t}{\tau}\right)^2 = \left(\frac{t}{\tau}\right)^6$$

eben, was man durch die Fall- u. Wurfformeln auch findet, so ist, da Gesetz der Wirkung in dieser Beziehung es wenig, Anziehung proportional Masse, Wirkung proportional Anziehung, proportional Masse, so ist die Wirkung einer Masse, die in dem gegebenen Körper Wirkung ihr Anfänger der hier in der nächsten Einheit der Zeit, wenn sie in dem Körper selbst wirkt, ist, wenn sie in dem Körper selbst wirkt, die Wirkung, die sie in der nächsten Einheit der Zeit, wenn sie in dem gegebenen Anfangspunkte angreifen würde, mit dem in dem speziellen Wirkungsgesetz enthaltenen Faktor, der Wirkung, proportional, wie man sich leicht selbst, so daß hiermit der Anfangspunkt Verhältnis von dem sich findet, was die angegebene Wirkung ist.

Handle es sich um die Gesetze der Anziehung dann oder Wirkung, so ist dieses Gesetz, wie wir gesehen haben, ein solches, wo die Wirkungen proportional der Wirkungsmasse und Masse, und Masse gleich, daß dem Anziehen in umgekehrten Verhältnis der Quadrate der Entfernungen

Ende des ersten Wärmegrades war. Da er aber wieder nachläfst und dadurch die Ausdehnung um so viel zunimmt, als wenn die Temperatur um 3α erhöht worden wäre, so wird das eigentliche Volumen desselben

$$v''' = v'' \left(1 + \frac{1}{m}\right)^{3\alpha} = \left(1 + \frac{1}{m}\right)^{2+4\alpha}.$$

Aus gleichen Gründen ist das Volumen beim dritten Wärmegrade

$$\left(1 + \frac{1}{m}\right)^{3+9\alpha}$$

und überhaupt bei x Wärmegraden

$$v = \left(1 + \frac{1}{m}\right)^{x+\alpha x^2}.$$

Nennt man $\frac{1}{m} = \mu$, so erhält man

$$v = \left(1+\mu\right)^{x+\alpha x^2}$$

oder

$$\text{Log.}\, v = (x + \alpha x^2)\, \text{Log.}\,(1+\mu).$$

Zur Bestimmung von α und μ sind zwei Versuche erforderlich. Sind dann für zwei Temperaturen x und X die Volumina v und V bekannt, so erhält man

$$\text{Log.}\, v = (x + \alpha x^2)\text{Log.}\,(1+\mu),$$
$$\text{Log.}\, V = (X + \alpha X^2)\text{Log.}\,(1+\mu),$$

also

$$\text{Log.}\,(1+\mu) = \frac{\text{Log.}\, v}{x + \alpha x^2} \text{ oder } = \frac{\text{Log.}\, V}{X + \alpha X^2},$$

$$\alpha = \frac{x\,\text{Log.}\, V - X\,\text{Log.}\, v}{X^2\,\text{Log.}\, v - x^2\,\text{Log.}\, V}.$$

Schitko zeigt in vielen Beispielen, dafs diese Formel Werthe giebt, die mit den durch Beobachtung gefundenen sehr genau übereinstimmen; inzwischen ist hier nicht der geeignete Ort in eine nähere Untersuchung einer Theorie einzugehn, die wohl nicht unbedingten Beifall finden dürfte.

Digitized by Google

2) Anschauung fester Körper.

421) Um auch hier die bei der Anschauung flächiger Gebilde wahrnehmbaren, mehr spielenden Erscheinungen beim Vergleichen deutlicher werden, wähle man von mittel-mittelgroßen, aber nicht zu großen Körpern, wie Würfel, Kugel, Cylinder, Kegel, Pyramide, von mittelmäßiger Größe, aber nicht zu kleinen Modellen zwischen 2 und 3 Zoll Seiten-Durchmesser, deren Formen verwandten Figuren bei zum in Allgemeinen die besten Anschauungsobjecte, um zum Vergleichungsgegenstand, welchen Namen Pestalozzi¹ in Vorschlag bringt, zu dienen, etwa 2 Zoll weiten Cylinder, 2 Zoll weiten Kegel, 2 Zoll weiten Würfel, 2 Zoll weiten Kugel, und einen einseitigen Kasten, und einen dreiseitigen Kasten, 2 Zoll weiten Würfel, 2 Zoll weiten Würfel, 2 Zoll weiten Würfel

477) Die Größe der Ausdehnung heißt Ausgangsmaß, Ausdehnungsmaß, Ausdehnungsgröße, Ausdehnungsmaß, Ausdehnungsgröße, Ausdehnungsmaß, Ausdehnungsgröße

Um die bei den gewöhnlichen Messungen in Betracht kommenden Mehrungen mit genügender Schärfe für die Temperatur zu ermitteln, ist Voraussetzung darüber, wie sich ihre Größe ändert, wenn die Temperatur wechselt. Hierüber hat man Versuche angestellt, indem man die Temperatur eines Körpers, wie z. B. eines Stabes, von 0° auf t° brachte und die Mehrung bestimmte, um welche sich dadurch seine Länge vergrößerte. Man bezeichnet diese Mehrung mit Δl, wenn l die Länge des Stabes bei 0° ist. Sie ist, wie die Versuche zeigen, für nicht zu große Temperaturänderungen nahe der Temperatur 0° und für nicht zu große Stäbe derselben Substanz, wie sie bei den gewöhnlichen Messungen vorkommen, sehr genau proportional der Temperaturänderung t und der Länge l des Stabes, so daß

$$\Delta l = \alpha l t$$

ist, wo α eine Größe bedeutet, welche für jede Substanz einen besonderen Wert hat, der aber für alle Körper derselben Substanz, wie z. B. für alle Stäbe aus Eisen, Glas bei 0° C. so 1 ist:

$$\alpha = 1 + 0{,}000\,0100 + 0{,}000\,0000\,07 \cdot t.$$

Es ist also α längs und β quer die Ausdehnungszahl des Stabes, γ die Ausdehnungszahl der Substanz.

[1] Aus Versuchen Arnd Ångströms für α: 0,000 in Regenwetter, 0,000 3 bei Sonnenschein.

[2] Einige verdankt man den in Art. Ausdehnung Abt. I, S. 108 ff. angeführten Beobachtungen Kopps und Pierre bei den dort angegebenen Stäben aus Glas und Porzellan.

des Glases bis 100° C. berechnet und mit denen verglichen, welche von Lavoisier und Roy unter der Voraussetzung gefunden worden sind, dafs die Ausdehnung des Glases zwischen diesen beiden Temperaturen sich gleichbleibend sey, so giebt dieses die in nachstehender Tabelle zusammengestellten Werthe.

Ausdehnung des Glases.

Temperaturen	Lavoisier	Roy	Hällström
0°	0	0	0
10	0,000087	0,000078	0,000030
20	0,000175	0,000155	0,000081
30	0,000263	0,000233	0,000153
40	0,000350	0,000310	0,000246
50	0,000348	0,000388	0,000361
60	0,000526	0,000466	0,000496
70	0,000613	0,000543	0,000652
80	0,000701	0,000621	0,000829
90	0,000788	0,000698	0,001027
100	0,000876	0,000776	0,001246

Die grofse Abweichung dieser Resultate soll auf der Voraussetzung einer gleichmäfsigen Ausdehnung und der Verschiedenheit der angewandten Glassorten beruhn; allein in Beziehung auf das erste Argument läfst sich zwar nach überwiegenden Wahrscheinlichkeitsgründen annehmen, dafs wirklich eine mit der Temperatur wachsende Zunahme statt findet, jedoch eine so starke, als sie hiernach seyn müfste, ist nach aller Analogie sehr unwahrscheinlich, denn wollte man auch nach den Erscheinungen, welche das Thermometer[1] in der Nähe des Nullpunctes darbietet, für diese Temperatur eine stärkere Zusammenziehung des Glases annehmen, so könnten bei vollkommen calibrirten Röhren die dem Siedepuncte nahe liegenden Grade nicht mehr richtig seyn, denn die Ausdehnung des Glases von 10° bis 20° beträgt 0,000051 und von 90° bis 100° nicht weniger als 0,000219, ist also 4mal stärker und müfste eine merkliche Verkürzung der höhern Grade zur Folge haben, die unmöglich bis jetzt der Beachtung entgehn konnte. Dafs die Ursache der so bedeutenden Abweichung in der Eigenthümlichkeit der gebrauchten Glassorte liegen sollte, hat mindestens

1 S. Art. *Thermometer.* Bd. IX. S. 932. Anm. 1.

Digitized by Google

el wider sich, denn unter den 15 mit verschiedenen Glas-
rten angestellten[1] Messungen beträgt der Unterschied des
öfsten und geringsten gefundenen Werthes 0,00021485, die
n HÄLLSTRÖM für 100° C. erhaltene Gröfse aber übertrifft
n gröfsten jener Werthe um 0,00025500, mithin den kleinsten
1 0,00046985.

Ich selbst[2] mafs die lineare Ausdehnung des Glases zwi-
hen den beiden festen Puncten des Thermometers aus der
ibischen bei zwei Glaskugeln, und fand die der einen
)0088517, die der andern aber 0,00088446, was durch seine
ebereinstimmung mit früher erhaltenen Resultaten diesen zur
stätigung dient. Durch ein gleiches Verfahren, aber mittelst
ner weit gröfseren Reihe von Versuchen bestimmte auch
DBERG[3] die Ausdehnung des Glases, wobei er zugleich eine
queme Art, die gefundenen Gröfsen zu berechnen, mittheilt.
llgemein bestimmt man nämlich das Gewicht des in der Glas-
gel und ihrem Röhrchen befindlichen Quecksilbers, erhitzt
n Apparat bis zur Siedehitze und findet dann das Gewicht
s in dieser Temperatur ausgeflossenen Quecksilbers. Ist dann
s Gewicht des zwischen 0° und der Siedehitze T' ausgeflos-
nen Metalls $= \omega'$, so wird wegen des durch den Barometer-
nd bedingten Siedepunctes das Gewicht des zwischen 0° und
00° C. ausgeflossenen:

$$\omega = \frac{100}{T'}\,\omega'.$$

eifst dann ferner die wahre Ausdehnung des Quecksilbers zwi-
hen 0° und 100° C. Δ, die des Glases δ, so ist das Volu-
en des Quecksilbers bei 100° C. $= V(1+\Delta)$ und das der
ugel $= V(1+\delta)$, mithin das Volumen des ausgeflossenen
uecksilbers $= V(\Delta-\delta)$. Wiegt dann die Volumeneinheit
s Quecksilbers bei 0° $= b$ und bei 100° $= b'$, und setzt man
$= bV = b'V(1+\Delta)$, so erhält man:

$$b' = \frac{b}{1+\Delta};\quad \omega = b'V(\Delta-\delta) = P\,\frac{\Delta-\delta}{1+\Delta},$$

oraus die wahre Ausdehnung des Glases zwischen 0° und 100°
gefunden wird:

---

1 S. oben Bd. I. S. 585.
2 Mém. présent. à l'Acad. Imp. des Sc. de Petersb. T. I.
3 Poggendorff's Ann. XLI. 279. Vergl. S. 558.

$$\delta = \Delta - \frac{\omega}{P}(1 + \Delta).$$

Hierin mufs die Ausdehnung des Quecksilbers bekannt seyn, die aber durch Dulong und Petit mit hinlänglicher Genauigkeit gefunden worden ist. Wird also dieser Werth für Δ substituirt, so erhält man

$$\Delta - \delta = 1{,}018018\,\frac{\omega}{P}$$

oder

$$\delta = 0{,}018018 - 1{,}018018\,\frac{\omega}{P}.$$

Aus nicht weniger als 24 Messungen fand Rudberg die Gröfse $\Delta - \delta$ so nahe übereinstimmend, dafs der gröfste Werth 0,015764, der kleinste 0,015697 und das Mittel aus allen 0,015733 beträgt, woraus die kubische Ausdehnung des Glases = 0,018018 − 0,015733 = 0,002285, also die lineare = 0,0007617 hervorgeht. Diese Bestimmung ist kleiner als alle bisher gefundenen, und kommt der einen von Roy = 0,00077615 am nächsten. Rudberg bemerkt indefs, dafs die untersuchte Glassorte *Kaliglas* von Reymyra war, welches ungleich härter und daher weniger ausdehnbar ist, als das gewöhnliche Natronglas. Zugleich ergiebt sich aus diesen Messungen, dafs die Ausdehnung der nämlichen Glassorte, auch wenn sie aus verschiedenen Hafen genommen ist, keine merkliche Aenderung der Ausdehnung zeigt.

474) Es ist gegenwärtig nicht mehr zweifelhaft, dafs aufser den gasförmigen alle Körper bei wachsender Wärme sich zunehmend ausdehnen, wobei indefs eine anfangs statt findende Zusammenziehung einiger Flüssigkeiten, welche den Punct ihrer gröfsten Dichtigkeit erzeugt, Berücksichtigung verlangt. Als ebenso ausgemacht wird betrachtet, dafs im Ganzen gasförmige Körper für gleiche Temperaturzunahmen am stärksten, tropfbarflüssige weniger und feste am wenigsten eine Zunahme ihres Volumens erhalten. Bei den Bestimmungen hierüber bietet sich ein bedeutendes, leider aber unvermeidliches, Hindernifs dar, sofern man verlangt, dafs die tropfbar-flüssigen Körper von den festen unterschieden werden, was übrigens aus dem angegebenen Grunde der bedeutend ungleichen Ausdehnung nicht wohl anders geschehen kann, obgleich der Uebergang aus dem einen dieser Aggregatzustände in den andern bei sehr ungleichen Temperaturen erfolgt und daher bei manchen dieser Uebergang

Digitized by Google

ben entweder beiden innern Formen die Grundlinie gemein, so gerade bei (ef), und bei einigen Körpern seine Ob., ac. Die Abgrenzung gegen die umgebenden Körper kommt, wenn, die sich bei mehreren Temperaturen oder nach verschiedenen Zeiten ergebenden Grundlinien, oder Ob. nebeneinander liegen. Hierauf gründet sich, wenn die sich an Körper ändern bei Temperaturen, die zwischen den beiden liegen, Grundlinien, oder Ob. ergeben, welche mit den ihnen Anschauung zur Unterscheidung dienen. Wenn z. B. die sich in den einen oder den andern dieser Körper ändernden Grundlinien, wenn dem noch eine Ob. bei Temperaturen, die zwischen den zwei in den andern Körpern liegen, sich ergeben, so kann man, wenn diese Ob. mit den Grundlinien in den ungeänderten Körpern nebeneinander liegen, daraus bekannt in diesen vom Wärmeeinfluß sind. Wenn Grundlinien, oder Ob. sich in einem Körper bei Temperaturen, die zwischen den zwei in einem andern Körper liegen, nicht verschieden, für den Flächeninhalt voraus, ohne daß sie mit den Grundlinien, oder Ob. in diesem andern Körper, welche sich durch, wie beschrieben, verschiedene Temperaturen in ihr eingeführte Isothermlinien-Verschiedenheiten nebeneinander gelegen sind, vermischen, so ist dieser andere Körper nicht Ob. Es war daher eine unnütze Bemühung C. A. Bachmann's, in Pogg. Ann. Bd. 114, S. 1 und Bd. 115, S. 1, Fig. 1 und 2 Tb. XIII, wahrzunehmen, und zu überlegen für Mitte wurde, auch weiter, nicht eine Ob. Wenn Grundlinien, oder Ob. sich in einem Körper, welche für die Anschauung bestimmt zu sein dem speciellen Falle diese dienen sollen, verschieden für Abweichungen in Gleichheit, durch die Temperatur die Breiten durch verschiedene Weise, so ist ungleich war, da sie bei der Ordnung in bestimmten Temperaturen, welche sich durch Körpern, welche sich in der gegebenen Ausgedehnte Linie, bei Anschauung für Grade und Ob. wobei bei der Ordnung in Temperaturen, welche sich durch Körpern, welche sich in der Ausgedehnte Linie, bei Anschauung für Grade und Ob. wobei bei der Ordnung in

[1] Schade, daß diese schönen Versuche nicht vollständig, d. h. quantitativ, durchgeführt wurden. Bach. 1886 A. im Auszuge in Beiblätt. Ann. 10, 787.

den Zunahmen der Temperatur fast genau proportional, dann folgt eine rasche Verminderung bis 55° R. und sofort wieder stark zunehmende Vergröfserung, die über dem Schmelzpuncte bei 75° R. noch nicht aufhört, sondern bis 80° R. fortgeht, von wo an eine der anfänglichen fast gleiche Ausdehnung des flüssigen Metalls eintritt, die der Regel zuwider etwas kleiner ist, als die des starren Metalles vom Gefrierpuncte des Wassers an. Es wäre allerdings der Mühe werth zu ermitteln, ob dieses aufsergewöhnliche Verhalten durch das sehr krystallinische Wismuth allein oder durch dessen Verbindung mit den andern beiden Metallen bewirkt wird.

Interessant ist gleichfalls die Auffindung der Ausdehnung des *Phosphors* im festen Zustande, verglichen mit der im flüssigen. Die Wägungen geschahen hierbei im Wasser und es fand sich der Regel gemäfs die Ausdehnung des flüssigen stärker, als die des festen, in beiden mit nicht merklicher Zunahme bei wachsenden Temperaturen; im Augenblicke des Schmelzens zeigte sich aber eine sehr auffallende Vergröfserung des Volumens. Erman fügt noch die Bemerkung hinzu, dafs dieses Verhalten der untersuchten Körper sehr zur Unterstützung der Hypothese dient, wonach der Aggregatzustand der Körper und die Ausdehnung derselben durch den Conflict der Attraction ihrer Molecüle und der repulsiven Kraft des Wärmestoffs bedingt wird[1].

475) Die Ausdehnung nicht metallischer fester Körper, als der Steine, des Mörtels u. s. w., betrachtet man meistens als so gering, dafs sie für die praktische Anwendung keine Beachtung verdient, und aufserdem sind die Messungen dieser Gröfsen ausnehmend schwierig, weil man diese Körper nicht leicht in hinlänglich langen Stangen erhalten kann, wie bei den Versuchen mit Metallen geschieht. Inzwischen hat man wahrgenommen, dafs hohe Thürme durch den Einfluſs der Sonnenhitze einseitige Beugungen erhalten[2], wodurch der Stand der astronomischen Werkzeuge verrückt wird, und wenn die allgemeine Erfahrung zeigt, dafs alle Arten von Töpferwaare durch die Hitze des Brennens schwinden, so findet diese Zusammenziehung doch nur so lange statt, bis sie gehörig zusammengesin-

1 Vergl. theoretische Untersuchungen hierüber von W. S. Sarkey in Edinb. Journ. of Science New Ser. N. 1. p. 17.

2 Bouguer machte nach einer Beobachtung an einem Steinpflaster unter dem Aequator zuerst hierauf aufmerksam. S. Industriel 1829. Janr. S. 458.

Digitized by Google

rt (hart gebrannt) sind, nachher aber dehnen sie sich aller-
ings durch Wärme aus, wovon man sich namentlich durch
s Springen des Porcellans bei rascher Erhitzung überzeugt;
ch habe ich gesehen, dafs ein Porcellan-Ofen in Wien den
ngelegten eisernen Reifen durch seine Ausdehnung in Folge
r Erhitzung gesprengt hatte. Durch feine Versuche ist es
lungen, die Gröfse der Ausdehnung verschiedener derartiger
örper zu messen. So soll, jedoch nur annähernd genau, die
usdehnung des weifsen Marmors 0,001 und die des schwarzen
0004 für 100° C. betragen[1]. Nach Versuchen von W. Bart-
tt[2] beträgt die Ausdehnung des Marmors (ohne Angabe der
rbe, welche allein wohl schwerlich einen solchen Einfluſs
ben kann, dafs sie die Ausdehnung auf weniger als die Hälfte
rabzubringen vermöchte, indem dieses vielmehr eine Folge der
gleichen Beschaffenheit dieses Gesteins seyn mufs) 0,0010202.
ben derselbe hat auch genauere Bestimmungen für Sandstein
d Granit gefunden, die in der unten folgenden Tabelle aufge-
mmen worden sind. Die zahlreichsten Versuche, und wohl die
nauesten über diese Aufgabe, hat Adie[3] angestellt, indem er
ch dabei eines eigens construirten Apparates bediente, welcher
ch den 30000sten Theil eines englischen Zolles angab und
ber selbst kleinere Stangen, Würfel und Parallelepipeda zu
essen gestattete. Im Allgemeinen fand er die Längenausdeh-
ng der untersuchten Steine und Mörtel der des Gufseisens
hr nahe kommend; die einzelnen Werthe enthält die Tabelle.
rcat[4] bemerkte die Ausdehnung der Steine an einer bei
uillac über die Dordogne gebaueten Brücke anfänglich nur im
llgemeinen, und als er sich von der Thatsache hinlänglich
erzeugt hatte, mafs er mit einem eigens construirten Apparate
e Gröfse der Ausdehnung dieses feinkörnigen weifsen Kalk-
eins, die er für 100° C. = 0,000251 fand[5]. Sorgfältiger ver-
hr Destigny[6], indem er die Ausdehnung der von ihm ge-

1 The London and Paris Observer. 1831. Sept.
2 Amer. Journ. of Science T. XXII. p. 136. Biblioth. univ. 1833. 297. Edinburgh New Annals of Philos. N. XXVI. p. 304.
3 L'Institut 1835. N. 113. p. 222. Biblioth. univ. 1837. Juin. p. 403. mpt. rend. T. I. p. 56. Ann. des Mines T. IX. Liv. II. p. 275.
4 Ann. de Chim. et Phys. 1824. Dec.
5 Ebend. 1827. Dec.
6 Industriel. 1829. p. 453. Dingler's polytechn. Journ. XXXIII. S. 295.

messenen Steine aus dem Unterschiede zwischen ihrer eigenen und der bekannten des Eisens und Kupfers bestimmte, welche der Controle wegen beide angewandt wurden. Eine der untersuchten Steinarten, die von St. Leu, mafs er auch im trocknen und nassen Zustande, nahm hierbei aber keinen Unterschied wahr. Auf ähnliche Weise untersuchten auch John Dunn und Edward Sang[1] die Ausdehnung des schwarzen und weifsen Marmors, indem sie dieselbe mit der des Glases verglichen. Um die letztere für die hierbei anzuwendenden Glasröhren genauer zu ermitteln, bliesen sie eine der Röhren zu einer Kugel mit einem Haarröhrchen auf, füllten diesen Apparat mit frisch destillirtem Quecksilber, erhitzten ihn dann bis zur Siedehitze, wogen das ausgelaufene Quecksilber, und indem sie die von Laplace im Système du Monde angegebene Ausdehnung des Quecksilbers von $\frac{1}{5412}$ für jeden Grad der Centesimalscale zur Grunde legten[2], fanden sie hiernach die lineare Ausdehnung des Glases = 0,000988. Ihre Versuche ergaben, dafs der weifse Marmor mehr, der schwarze weniger als das Glas ausgedehnt wurde, denn beim ersten betrug sie 0,001072, beim letzteren 0,000426. Dieses stimmt damit überein, dafs die dichteren Körper sich weniger ausdehnen, denn das specifische Gewicht des weifsen war 2,65, das des schwarzen dagegen 3,0.

476) Viele, wohl die meisten Körper dehnen sich durch zunehmende Wärmegrade zunehmend aus, wie im Art. *Ausdehnung* bereits erörtert wurde. Daniell[3] hat das, was hierüber bekannt war, durch eine bedeutende Menge von Thatsachen vermehrt, indem er sich zum Messen der höheren Temperaturen seines Register-Thermometers bediente. Seine Messungen begannen von 62° F. (16°,67 C.) und gingen dann zuerst bis zum Siedepunkte des Wassers, demnächst bis 662° F. oder 350° C., endlich bis zum Schmelzpuncte derselben, und zeigen, dafs alle von ihm untersuchte Körper sich zunehmend ausdehnen, aufserdem aber

1 Edinburgh New Philos. Journal. N. XXI. p. 66.

2 Diese Bestimmung ist gröfser, als die von Dulong und Petit gefundene = $\frac{1}{5550}$ für jeden Centesimalgrad. Hiernach mufsten die Beobachter die Ausdehnung des Glases zu geringe und somit die der Marmorarten zu grofs finden. Der Unterschied ist nicht sehr bedeutend, allein es fällt auf, dafs sie dennoch die Ausdehnung des Glases so grofs fanden.

3 Philosoph. Trans. 1831. p. 443 ff.

Digitized by Google

von nahezumittelbarer Weise hier Gebrauch machen. Die letztere Benennung darf auch hinzugesetzt werden, daß ein Körper, welcher in einer Richtung nur eine unendlich kleine Ausdehnung hat, zweitens nicht eigentlich da ist, sondern dort blos wirkt. Die folgende Tafel gibt eine Uebersicht der arithmetischen Linien-Ausdrücke für die sogenannten geometrischen relativen Tangenten, die Länge bis $\frac{1}{10}$ (F.V.) des Radius eingerechnet.

Substanzen.	Ausdehnung für $\frac{1}{10}$ (F.V.)
Kalkstein (Kalk-Spath, Kreide)	$0{,}0000000$
Kalk-Thon	$0{,}0000044$
Kalk-Mergel, Wasser	$0{,}0000000$
Salz	$0{,}0000000$
Salz-Thon	$0{,}0000000$
Eis	$0{,}0000000$
Gyps	$0{,}0000000$
Kalk	$0{,}0000000$
Kalk-Thon	$0{,}0000000$
Kalk-Mergel

Substanzen	Gröfse bei 100° C.	Beobachter.
Blei	1,00278560	Daniell
	1,00295400	Prinsep
Bronze	1,00184920	Daniell
Baustein von Caithness .	1,00089470	Adie
— von Arbroath . . .	1,00089850	Adie
Cement, römischer . . .	1,00143489	Adie
Eisen (Schmiede–) . . .	1,00113475*	Dulong und Petit
	1,00121500	Prinsep
	1,00122400*	Horner
	1,00125343	Hassler
	1,00122045	Destigny
	1,00118080	Daniell
(Guſs–)	1,00107160	Daniell
	1,00098500	Navier
	1,00114676	Adie
	1,00110217	
Glas	1,00124600	Hällström
	1,00098800	Dunn und Sang
	1,00088517	Muncke
	1,00088446	
(Kaliglas) . . .	1,00076170	Rudberg
Gold	1,00123000	Daniell
fast rein	1,00143400	Prinsep
Granit	1,00086850	Bartlett
rother von Peterhead	1,00089680	Adie
grauer von Aberdeen	1,00078943	Adie
Graphitwaare (0,75 Gr., 0,25 Thon) .	1,00029280	Daniell
Holz	1,00030000	Parry
Kalkstein, weiſser . . .	1,00025100	Vicat
grüner von Ratho .	1,00080890	Adie
Kupfer	1,00171820*	Dulong und Petit
	1,00171600	Daniell
gewalztes . . .	1,00169100	Prinsep
	1,00169900	Edinb. Encycl.
Lettern-Metall	1,00203520	Daniell
Marmor	1,00102020	Bartlett
weiſser	1,00100000	Lond. and Paris Observer
schwarzer . . .	1,00040000	
carrarischer . . .	1,00084867	Destigny
	1,00065390	Adie
	1,00107200	Dunn und Sang
weiſs, sicil. . .	1,00110411	Dunn und Sang
schwarzer . . .	1,00042600	Dunn und Sang
schwarz, von Galway	1,00044519	Dunn und Sang

Digitized by Google

Substanzen	Gröfse bei 100° C.	Beobachter.
von St. Béat . .	1,00041810	Destigny
von Solst . . .	1,00056849	Destigny
Messing	1,00187821	Destigny
	1,00176050	Sabine
geglühetes . .	1,00189163	Hassler
	1,00190600	Prinsep
(0,25 Zink, 0,75 Kupf.)	1,00214440	Daniell
Newter	1,00203520	Daniell
Platin	1,00088200	Daniell
Sandstein	1,00171570	Bartlett
von Liver-Roch .	1,00117430	Adie
Silber	1,00195120	Daniell
mit $\frac{1}{12}$ Kupfer . .	1,00190400	Prinsep
Stein, von Vernon sur Seine	1,00043027	Destigny
von St. Leu . .	1,00064890	Destigny
schiefrig, von Penrhyn	1,00103760	Adie
Ziegel, ord. . .	1,00055020	Adie
spröder .	1,00049280	Adie
Tannenholz	1,00035200	Struve
	1,00049590	Kater
Thon, holländ. Pfeife . .	1,00045730	Adie
Wedgwood-Stange . .	1,00045294	Adie
Waare . . .	1,00088200	Daniell
Zink	1,00297600	Daniell
Zinn	1,00176040	Daniell

477) Unsere Kenntnifs der Ausdehnung fester Körper durch Wärme ist durch einen für die Theorie höchst wichtigen Beitrag erweitert worden, in Mitscherlich[1] die höchst interessante Entdeckung machte, dafs gewisse Krystalle sich nach der Richtung ihrer Axen verschieden ausdehnen. Bei seiner Messung von Kalkspathkrystallen mittelst eines Pistor'schen Repetitionsgoniometers gewahrte er einen Unterschied der Winkel, dessen Ursache er in nichts anderem, als dem Einflusse der Temperatur glaubte suchen zu dürfen, und wirklich wuchs dieser Unterschied durch Erhöhung der Wärme, so dafs er für 100° C. bis zu 8'30" sieg. Durch Fortsetzung der Versuche, wobei er die Krystalle in Quecksilber erhitzte, gelangt er zu folgenden allgemeinen Resultaten: 1) Krystalle, die zum regelmäfsigen Systeme

1 Poggendorff's Ann. I. 125. Vergl. Phil. Mag. first Ser. T. XIV. p. 162. Lond. and Edinb. Phil. Mag. T. I. p. 417.

gleichen und keine Verschiedenheiten vorgeben, somit auch auch dem Satze Genüge leisten, vgl. Hermath. Bew. gleichartiger Potenzen, die Gleichungen der Potenzen 2 verhalten sich in der Reihung der Ringzahlen wieder gerade so, wie die Gleichungen der Potenzen 1, und somit auch in der Reihung der Ringzahlen, die Gleichungen der Potenzen 3 verhalten sich wieder gerade so, wie die Gleichungen der Potenzen 2 und 1 in der Reihung der Ringzahlen, die Gleichungen der Potenzen 4 verhalten sich wieder gerade so, wie die Gleichungen der Potenzen 3, 2 und 1 in der Reihung der Ringzahlen, und so fort ohne Ende. Es kommen also auch verschiedenartige Gleichungen vor, die in der Reihung der Ringzahlen sich gleich verhalten, und es kommen also auch verschiedenartige Gleichungen vor, die in der Reihung der Ringzahlen sich gleich verhalten, und es kommen also auch verschiedenartige Gleichungen vor, die in der Reihung der Ringzahlen sich gleich verhalten, und so fort ohne Ende.

Stoßes hat, dann fehlt diese Unbestimmtheit in einem kontinuierlichen Übergang, wie er hier vorliegt.

Besonders wichtig ist es, sich an der Aufgabe, welche die erste Anordnung dieser Kapitels noch die absolute zu nennen pflegte, klar zu machen, daß sie nicht bestimmt ist, wie die Bewegungen der Weltkörper sich wirklich vollziehen, sondern nur die Richtung der Hauptaxe für jeden Körper, das gleichzeitige relative Verhältnis von ihm und irgend einem festen Punkte. Die Meinung der absoluten Anordnung dieser Art ist nur, daß sie eine Anordnung sein soll, welche sich nicht ändert, und es ergab sich daraus die Gleichgewichtsbedingung, daß die Resultante der Trägheitsmomente $\Sigma(\mathfrak{A})$ gleich Null sein müsse. Diese Bedingung ist nun, wie wir sahen, keine absolute, sondern nur eine relative, d. h. sie bleibt bestehen, wenn das ganze System eine Drehung um eine beliebige feste Axe erfährt. Wenn die Anordnung nach der Lösung irgendeiner algebraischen Gleichung n-ten Grades n verschiedene Lösungen hat, so gibt uns jede Lösung eine Anordnung, welche bestehen bleibt, wenn das ganze System eine Drehung um eine beliebige feste Axe erfährt. Wenn die Anordnung nach der Lösung irgendeiner algebraischen Gleichung n-ten Grades n gleiche

in einer geraden Ebene und geben daher nur ein Bild, in höherer bilden sie einen stumpfen Winkel und geben zwei Bilder.

b) Ausdehnung tropfbar-flüssiger Körper.

478) In diesem Gebiete ist seit dem Erscheinen des ersten Bandes dieses Werkes viel geschehen, welches sich am besten der Uebersicht früherer Untersuchungen in der dort gewählten Ordnung anreihen läfst[1]. Ueber die *Ausdehnung des Quecksilbers* sind keine weiteren Versuche angestellt worden, weil die darüber bereits bekannten allen Forderungen genügen. Desto gröfserer Fleifs ist von vielen Seiten aufgewandt worden, die

a) Ausdehnung des Wassers

genauer zu erforschen. Ein Vorschlag von Meikle[2], hierzu und namentlich zur Auffindung des Punctes der gröfsten Dichtigkeit, einen umgekehrten doppelten Heber in Anwendung zu bringen, möge nur beiläufig erwähnt werden, denn man übersieht bald, dafs für Messungen dieser Art, namentlich beim Wasser, wegen der Capillarität die Scale die erforderliche Feinheit nicht erhalten kann. Bei weitem die zahlreichsten und genauesten Versuche zur Aufhellung dieses Problems hat Hällström angestellt, diesen schliefsen sich die von Despretz an, meine eigenen mufs ich gleichfalls erwähnen, und auch Stampfer hat einen nicht unwichtigen Beitrag hierzu geliefert. Wir wollen diese alle hier der Reihenfolge nach, weil sie sich auf einander beziehn, mit der nöthigen Ausführlichkeit betrachten, um zu einer sichern Grundlage der anzunehmenden Gröfse zu gelangen.

479) Hällström[3] hatte schon früher eine Reihe von Versuchen hierüber angestellt und nahm dann dieses Problem abermals vor. Zuerst giebt er eine prüfende Uebersicht der früheren Bemühungen von de Luc, Dalton, Blagden und Gilpin

---

1 Eine sehr vollständige Zusammenstellung der bekannten Thatsachen findet man in: Dissert. phys. inaug. de dilatatione liquidorum per calorem. Scr. Ger. Simons. Traj. ad Rhen. 1828.

2 Philos. Magaz. T. LXVIII. p. 166.

3 Vetenskaps Acad. Handlingar för år 1823. Poggendorff's Ann. I. 125.

Digitized by Google

MFORD, TRALLES, HOPE, G. G. SCHMIDT, CHARLES, LE-VRE-GINEAU, BISCHOF und von ihm selbst, welche sämmtlich dem hierher gehörigen Artikel[1] bereits erwähnt worden sind, serdem aber die von EKSTRAND[2], welcher sich der durch MFORD, TRALLES und HOPE angewandten Methode bediente l damit den Punct der gröfsten Dichtigkeit zwischen 3°,6 und 9C. fand. Gelegentlich können hier auch noch die Versuche HARD's[3] erwähnt werden, welcher die Ausdehnung von zig verschiedenen Flüssigkeiten nach der durch DE LUC ewandten Methode zu bestimmen suchte; allein da er auf die dehnung des Glases keine Rücksicht nahm und aufserdem bei solchen Versuchen unerläfslichen näheren Betimmungen len, so sind die erhaltenen Resultate ohne eigentlichen rth. Bei seinen neuen Versuchen bediente sich HÄLLSTRÖM r kleinen hohen Glaskugel, die nach dem Zublasen mit ei- geringen Uebergewichte im Wasser niedersank und aus en Gewichtsverluste im Wasser die Dichtigkeit desselben gehöriger Correction für die Ausdehnung des Glases sich len liefs. Um alle Ursachen der zu begehenden Fehler glichst zu vermeiden, mafs er zuerst die Ausdehnung des ge- uchten Glases (§. 473), und erhielt hierfür die angegebene, von n andern bedeutend abweichende Bestimmung. Diese Kugel, telst eines dünnen Haares am einem Arme einer feinen ige von HUNTER hängend, senkte er in das Wasser, dessen fs in einem gröfseren, mit Wasser gefüllten, stand, um die nperatur des Wassers im innern Gefäfse auf jede verlangte nperatur dadurch zu bringen, dafs man dem des äufseren ent- er heifses Wasser oder Schnee zusetzte. Der Gewichtsverlust Kugel, für die Ausdehnung des Glases corrigirt, gab dann wechselnde Dichtigkeit des Wassers, worin sie hydrosta- gewogen wurde, für die verschiedenen Temperaturen. Diese gungen wurden von 0°,8 bis 32°,5 ausgedehnt, und der Cal- ergab die Temperatur für den Punct der gröfsten Dichtigkeit 9°,108 C. in der Art, dafs ein Werth = 3°,678 als kleinster = 4°,583 aufser den Grenzen der Wahrscheinlichkeit liegt. 480) Als ein schätzbarer Nachtrag zu diesen Versuchen ist

1 S. Art. *Ausdehnung*. Bd. I. S. 601 ff.
2 Dissert. acad. de max. dens. aquae inven. Lund. 1819.
3 Nouveaux Mém. de l'Acad. de Berlin. 1784.

aus folgenden Gründen: 1. dem „gesetzlichen Richter“ entzogen, weil in ihr ein von Kommune und Staatsrat bestellter Schiedsmann, also ein Beamter, Vorsitzender sei; 2. schiedsmännische Vermittelung. Diese sei bei 14 Klagen in Wegfall gekommen, weil sie dem Gesetze zuwider sei; 3. Verletzung des Gesetzes vom 24. Juni 1861, weil nach den §§ 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46,

vorhergehenden im vorgehenden Präteritum die Form hate mit anomalischem umgelautetem wurde, wie zwar jetzte hüttte, jetzte hätte, so auch jetzte hatte, jetzte hätte, jetzte hatte, jetzte hätte, jetzte hatte, jetzte hätte,

bei zugleich zur Controle des Thermometers schmelzender Schnee diente, bis zum Siedepuncte angestellt; in den beiden ersten wurden die beobachteten Gröfsen für die jedem Mefsröhrchen zugehörige Ausdehnung des Glases corrigirt, bei der dritten aber kam die Bd. I. S. 606 angegebene *Compensation* zur Anwendung[1]. Diese besteht einfach darin, dafs man so viel Quecksilber in die Kugel bringt, als erforderlich ist, um durch dessen Ausdehnung die des Glases aufzuheben. Heifst die zur Compensation erforderliche Menge Quecksilber y und der Coefficient seiner Ausdehnung k (nach Dulong und Petit $\frac{1}{5550}$ für 1° C.), der Coefficient der kubischen Ausdehnung des Glases aber k′, so ist für die Temperatur = t die Ausdehnung des Quecksilbers = ykt, die des Glases aber, die Gröfse der Kugel nach ihrem Inhalte = v gesetzt, = vk′t, und da beide gleich seyn sollen, erhält man $y = \frac{vk'}{k}$, wobei dann aber nicht zu übersehn ist, dafs die Quantität der in der Kugel befindlichen Flüssigkeit um so viel geringer wird, als die des aufgenommenen Quecksilbers beträgt. Diese Compensation ist sehr zu empfehlen; denn da die hiermit erhaltene Beobachtungsreihe mit zwei andern verglichen wurde, zeigte sie sich bei der Berechnung als hinlänglich genau, obgleich sie nur zur Prüfung der Zulässigkeit dieser Compensation angestellt wurde.

482) Es schien mir am angemessensten, das Mittel aus allen drei Beobachtungsreihen zu nehmen und hieraus die Curve der Ausdehnung des Wassers nach der von Thomas Young angegebenen Formel

$$\Delta v = at + bt^2 + ct^3 + dt^4$$

zu berechnen, die dann zugleich für $\frac{d.\Delta v}{dt} = 0$ das Minimum oder den Punct der gröfsten Dichtigkeit = 3°,78 gab. Inzwischen hatte sich die erwähnte Compensation der Ausdehnung des Glases durch Wärme so befriedigend gezeigt, dafs dieses den Wunsch erzeugte, vermittelst der Anwendung derselben den Punct der gröfsten Dichtigkeit des Wassers direct und unmittelbar zu finden. Auf diese Weise wurden die in folgender Tabelle enthaltenen Werthe gefunden, wenn t die Temperaturgrade nach C., ϑ die Theilstriche des Mefsröhrchens

1 Sie ist dort nicht richtig angegeben und daher hier verbessert.

Digitized by Google

dient und der Differenz der Wasser- und der Luftthermometer-Thermometer zur Correctionsgröße des Letzten bestimmt wird.

| | | |

gleiche vorangehende Ton zu den Tönen, die dadurch D und eine $2^{1}/_{2}$ C. die Stellenwerthe in der Scala $\frac{1}{2}$ und $\frac{2}{3}$ erhalten. Ebenso wird $\frac{3}{4}$ zu $\frac{3}{4}$ und $\frac{4}{5}$ zu $\frac{4}{5}$ u. s. w. Es ist also, wenn man die Stellenwerthe der Tonleiter als Verhältnisse zu einem Grundton auffasst, die Scala selbst eine Function dieses Grundtones, und zwar eine solche, welche sich mit jedem neuen Grundton, z. B. von der Reihe der Stellenwerthe $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$ u. s. w. in diese Reihe selbst übergeht. Diese Eigenthümlichkeit der Scala ist es, welche ihre Verwendung zu musikalischen Zwecken ermöglicht. Die gleichen Verhältnisse, deren Stellenwerthe in der Scala enthalten sind, können nämlich in beliebig verschiedenen Tonhöhen angegeben werden, ohne dass dadurch ihr Verhältniss zu einander verändert wird. Dies ist aber nur möglich, weil sich die Stellenwerthe der Scala mit jedem neuen Grundton in sich selbst verwandeln. Wäre dies nicht der Fall, so würden die Verhältnisse, welche in der Scala von $\frac{1}{2}$ der Prime bis Minimum zu Quinte enthalten sind, bei einer Transposition in eine andere Tonhöhe verändert, und somit unbrauchbar werden. Bei mathematischer Strenge ist es in der That nicht möglich, dass sich die Scala in sich selbst verwandelt. Denn auch bei Vergleichung mit der nächst grösseren Scala fehlen bereits der Wiederholung des Stellenwerthes durch die Verwandlung von $\frac{1}{2}$ in $\frac{2}{3}$ wieder $\frac{1}{2}$ die Stellenwerthe $\frac{17}{32}$ übrig. Obgleich sich aber theoretisch hier, wie in jedem Falle, wo es sich um Irrationalzahlen handelt, eine Grenze finden lässt, bei welcher Annäherung es nur noch als ein verschwindend kleiner, als gar nicht mehr wahrnehmbarer Fehler erscheint, wenn eine Scala nicht vollständig in sich selbst übergeht, so ist doch eine solche Annäherung praktisch nicht immer möglich. Denn bei einer Scala, welche die Stellenwerthe von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ enthält, ist es nicht mehr möglich, die Stellenwerthe $\frac{17}{32}$ durch eine Annäherung zu vermeiden, ohne dass dadurch eine Veränderung der Verhältnisse eintritt, welche sich bereits deutlich bemerklich macht.[1]

[1] Vergl. Harmoniel. II. 12. S. 330. Anm.

Barometer 27 mal 4' gestiegen waren. Hiernach hätte daher die ungeänderte Temperatur um $\frac{27}{4}$ = 6,75 Linien mehr Wasser in die Luft aufgenommen, als sie vorher. Nun ist 27,2 mal weniger Wasser, Quecksilber genommen, als gemeines Wasser, um gleichen Druck hervorzubringen, wie ich auch mit mehrerlei Wasser, Quecksilber und Luft angestellt habe. Demnach müssen 27,2 mal 6,75 = 183,6 Linien Wasser in Dünste verwandelt worden sein, um eine solche Veränderung zu verursachen. Hiernach ist der Barometer vielleicht vermögender, die Veränderungen der Luft in Ansehung der Feuchtigkeit, als der Wärme zu bestimmen. Denn wenn 183,6 Linien Wasser in Dünste verwandelt werden, so ist dieses eine sehr merkliche Veränderung, da sie 15 Zoll 3,6 Linien betragen würde. Diese Veränderung würde aber nur 6,75 Linien betragen, wenn sie durch die Wärme hervorgebracht würde. Ich habe aber diese Veränderung nicht für gewiß gehalten, weil ich nicht wußte, ob die Luft, wenn sie mehr Wasser in sich nimmt, nicht auch mehr Luft in sich nehme, und also ihre Elasticität nicht vermehrt werde.

Ich habe also, um diese Zweifel zu heben, die Luft in einem Gefäße, dessen Capacität = a war, mit Wasser, dessen Gewicht = b war, gesättigt, und hierauf die Luft mit dem Wasser, welches sich in Dünste verwandelt hatte, in einem andern Gefäße, dessen Capacität = c war, gesammelt. Hierauf habe ich die Luft in dem ersten Gefäße, nachdem sie wieder die vorige Temperatur angenommen hatte, mit dem Barometer gemessen, und gefunden, daß sie $= d$ Linien betrug. Ferner habe ich die Luft in dem andern Gefäße, nachdem sie ebenfalls die vorige Temperatur angenommen hatte, mit dem Barometer gemessen, und gefunden, daß sie $= e$ Linien betrug. Endlich habe ich das Gewicht des Wassers, welches sich in Dünste verwandelt hatte, gefunden $= f$. Nun ist a : c = e : d, und folglich $c = \frac{ad}{e}$. Demnach ist $a - c = a - \frac{ad}{e} = \frac{ae - ad}{e}$ = $\frac{a(e-d)}{e}$ der Raum, welchen die Luft, nachdem sie mit Wasser gesättigt worden, in dem ersten Gefäße einnimmt. Wenn nun $a - c$ = $\frac{a(e-d)}{e}$ Cubiklinien Luft f Gran Wasser aufgelöst haben, so werden $\frac{a(e-d)}{e}$: f = 1 : $\frac{ef}{a(e-d)}$ Cubiklinien Luft 1 Gran Wasser aufgelöst haben. Wenn also a = 1000000 Cubiklinien, b = 1000 Gran, c = 999000 Cubiklinien, d = 27,4 Linien, e = 27,5 Linien, und f = 1000 Gran ist, so ist $\frac{ef}{a(e-d)}$ = $\frac{27,5 \cdot 1000}{1000000(27,5-27,4)}$ = $\frac{27,5}{100}$ = 0,275 = $\frac{11}{40}$ nahe. Folglich haben 40 Cubiklinien Luft 11 Gran Wasser aufgelöst.[1]

Ich habe diesen Versuch mit Luft, die ich in einer Flasche eingeschlossen hatte, wiederholt, und gefunden, daß 1000000 Cubiklinien Luft 1000 Gran Wasser aufgelöst haben, wenn d = 27,4 Linien, e = 27,5 Linien, f = 1000 Gran, a = 1000000 Cubiklinien, c = 999000 Cubiklinien, $a - c$ = 1000000 − 999000 = 1000 Cubiklinien, $\frac{ef}{a(e-d)}$ = $\frac{27,5 \cdot 1000}{1000000(27,5-27,4)}$ = $\frac{27,5}{100}$ = 0,275 = $\frac{11}{40}$ nahe. Folglich haben 40 Cubiklinien Luft 11 Gran Wasser aufgelöst.[2]

[1] Siehe die 3. Fig. auf der 3. Kupfertafel, Th. XIV. S. 2. Fragmente S. 433.

[2] Siehe die 4. Fig. auf der 3. Kupfertafel, Th. XIV. S. 2. Fragmente S. 433.

Geist Gottes, so wird sie, wenn sie nicht durch eigene Schuld ihre Liebe zu Gott verliert, bei Verwerfung der Welt in der Gnade Gottes bleiben, und wenn sie auch in Folge der ungerechten Strafe, welche sie trifft, in ihrem irdischen Verhältnisse großen Druck erleidet, ihr Gemüthszustand ist dabei ein ganz anderer, als der, welchen Verfolgungen sonst hervorbringen. Denn sonst ist es ein Gefühl der Ungerechtigkeit, welches sich in ihr regt, und sie kann sich nicht anders helfen, als mit der Anerkennung der Ungerechtigkeit, die Widerstand, wenn sie noch möglich ist, hervorruft, oder mit Ergebung in das Unrecht, das sie leidet. Aber diese letztere Gesinnung schließt in sich eine Verletzung des Gefühls für Recht und Unrecht, und ist eine Gesinnung, die, wenn sie auch nicht Widerstand hervorruft, doch Unzufriedenheit, Mißmuth und Bitterkeit gegen die Ursache und Urheber des Leidens hegt, in dieser einen allmälig sich steigernden Widerwillen gegen die Verfolgung selbst, und gegen alles, was mit ihr zusammenhängt, und einen Widerwillen gegen alles, was Gott will, und eine in der That, daß wider den Stachel zu löcken, sich auflehnende Gesinnung erzeugt. Diese Gesinnung kann entstehen, wo Verfolgung und Leiden nicht durch eigene Schuld, sondern durch Gottes Anordnung hervorgerufen ist, und sie kann auch da entstehen, wo Leiden durch eigene Schuld hervorgerufen ist. Von der Gesinnung, welche Gottes Anordnung in Verfolgung und Leiden sieht, ist aber die Gesinnung, welche in Verfolgung und Leiden die Folge eigener Schuld erkennt, und sich unter die gewaltige Hand Gottes demüthigt, und sich in Gottes Willen ergiebt, wesentlich verschieden. Diese Gesinnung ist eine Gesinnung, welche Gott nicht verwirft, sondern in Gnaden ansieht, und sie kann sich auch in dem Leiden, das sie trifft, nicht anders helfen, als mit der Anerkennung der Gerechtigkeit Gottes, die sie verletzt hat, und mit Ergebung in das Leiden, das sie trifft. Aber

e) Im Verhältniss basisch, als die Zu-Fuhren die Abfuhren übersteigen, wie bei Kalkwasser, wenn es mit einem Theil der meisten Säuren Neutral-salze und bei einer solchen Übersättigung schwerlöslich, unlöslich oder unverdaulich werdende Verbindungen eingeht, wie mit Milch dieser aber bis vor Kurzem verbreitet genug zugleich übersättigten Substanz gebaut, nicht so gut. Als eine weitere Begünstigung derselben kann es wohl zu halten scheinen, daß mächtige Verwirrungen dann, wenn sie vorkommen, nicht so leicht, als bei Säuren, z. B. im Theorie Treten ungünstiger und schädlicher Folgen, worauf

$$2\,NaO + 3\,CO + 3\,CaO + 4\,P_2O_5 \ldots$$

$$= 2\,NaO, 3\,CaO, 4\,P_2O_5 + 3\,CO_2$$

$2\,NaO$, die eigentliche Ausscheidungsweise nicht deutet, sondern nur das Ergebniss, $3\,CaO, 4\,P_2O_5$ gibt, $3\,CO_2$ entweichen. Eine Ausnahme von dieser Regel ist die Verwirrung mit Schwefelsäure, die gerade so das vorstellt, was $3\,CaO, 4\,P_2O_5$ ist, $3\,CaO, 3\,SO_3$ und $2\,NaO, SO_3$. In dieß Verhältniss gebrachten Werthe mit der durch Verbrennung gebildeten Art und solcher Oxydationsstufe ist $3\,CaO, 4\,P_2O_5$ nicht mehr fähig, sich mit $2\,NaO$ zu verbinden, wie es $3\,CaO, 3\,SO_3$ noch ist, wenn auch nicht mehr lange. Der Werth der durch vegetabilische Wirkung ent-
stehenden, in Lösung verbleibenden, Phosphorsäure, wie Sage dasmassig hervorhebt in den sehr gesunden Ge-
müsen, ist ein ganz anderer, als der durch Verbrennung. Dieser verbrennbaren Artist Blausäure-ähnlich, aber in einer Verbindung, die so lange verdünnte Proteine jede Fäulniss verhindert, wie Blausäure verdünnte Proteine. Sie hat die Eigenschaft, Zinkoxyd, das von der 3ten Zu-Fuhr, wie das Kalkoxyd, die bedeutsame Gruppe $3\,CaO, 4\,P_2O_5$ ist, wie das Kalkoxyd die bedeutsame Gruppe $3\,CaO, 3\,SO_3$ ist, wie das Kalkoxyd

sie 33 Werthe für einzelne Grade enthält und die Versuche aufserdem mit dem gröfseren, durch B bezeichneten Mefsröhrchen angestellt wurden; die dritte Reihe dagegen ist in der Abhandlung selbst S. 40 als die mindest zuverlässige angegeben und sollte hauptsächlich dienen, die Anwendbarkeit der Compensation zu prüfen. Auch die durch Stampfer gemachten Messungen sind durch Hällström einer abermaligen Berechnung unterworfen morden und geben für den Punct der gröfsten Dichtigkeit des Wassers:

$$t' = 3°,755 \pm 0°,073,$$

oder, wenn die über 25° C. liegenden Beobachtungen wegen eines in ihnen vorhandenen constanten Fehlers ausgeschlossen werden:

$$t' = 3°,790 \pm 0°,140 \text{ C.}$$

Hiernach wären also für die Lösung dieses Problems folgende Werthe vorhanden:

nach Hällström	$t' = 4°,03$	$\pm 0°,135$	$\begin{cases} 4°,165 \\ 3,897 \end{cases}$
— Muncke	$t' = 3°,879$	$\pm 0,058$	$\begin{cases} 3,937 \\ 3,821 \end{cases}$
— Muncke	$t' = 3,972$	$\pm 0,159$	$\begin{cases} 4,131 \\ 3,813 \end{cases}$
— Stampfer	$t' = 3,790$	$\pm 0,140$	$\begin{cases} 3,930 \\ 3,650. \end{cases}$

Diese Werthe stimmen so genau überein, als die Fehlergrenze gestattet, und geben im Mittel

$$t' = 3°,92 \text{ C.}$$

Wenn man aber nach Hällström den Mittelwerth mit Berücksichtigung des Gewichts eines jeden sucht, so findet man

$$t' = 3°,90 \pm 0,04,$$

und dieses mufs für so genau gelten, als der gegenwärtige Zustand der Wissenschaft die Bestimmung gestattet[1].

---

1 Dieses Resultat, von einem so gelehrten Physiker durch den mühsamsten Calcül erhalten, kann nur vom höchsten Interesse seyn, denn es beweist die Genauigkeit der angestellten Versuche, und erweckt um so mehr das Vertrauen zu meinen übrigen, als gerade diese die ersten waren und also leicht die am wenigsten zuverlässigen

Digitized by Google

Zur Auffindung des Volumens und der Dichtigkeit des rei-
Wassers für die Temperaturen von 0° bis 100° C. wählt
LLSTRÖM auf gleiche Weise zweckmäfsig diejenigen Formeln,
lche sich bei der Prüfung am geeignetsten zur Bestimmung
Temperatur der gröfsten Dichtigkeit erwiesen haben, näm-
die aus seinen eigenen Messungen, die beiden aus meinen
i ersten Versuchsreihen und die aus STAMPFER's Messungen
ltene. Alle vier vereint geben im Mittel für die Tempe-
ren von 0° bis 30° C. den Ausdruck:

$$V = 1 - 0{,}000057577\,t + 0{,}0000075601\,t^2 - 0{,}000000035091\,t^3,$$

cher den Punct der gröfsten Dichtigkeit bei 3°,92 giebt.
die Temperaturen von 30° bis 100° findet er es am ge-
etsten, die von mir in allen drei Versuchsreihen erhaltenen
rthe nach der von ihm verbesserten Berechnung zu verei-
n, woraus dann im Mittel erhalten wird:

$$V = 1 - 0{,}0000094178\,t + 0{,}00000533661\,t^2 - 0{,}0000000104086\,t^3.$$

raus ist dann folgende Tabelle der Volumina und Dichtig-
ten des Wassers von 0° bis 100° C. entstanden.

t	Volum.	Dichtig-keit	t	Volum.	Dichtig-keit
0°	1,000000	1,000000	6°	0,999919	1,000081
1	0,999950	1,000050	7	0,999956	1,000044
2	0,999915	1,000080	8	0,999996	0,999994
3	0,999894	1,000106	9	1,000069	0,999931
3,9	0,999882	1,000118	10	1,000145	0,999855
4	0,999888	1,000112	11	1,000235	0,999765
5	0,999897	1,000103	12	1,000338	0,999662

konnten. Die dritte Versuchsreihe wurde von mir selbst als
der zuverlässig angegeben; dafs ich sie dennoch mit den beiden
gen vereinigte, war auf gleiche Weise ein Fehler, als die Be-
nung bis zur vierten Decimalstelle. Nehmen wir das Resultat
u, welches durch unmittelbare Messung mit Anwendung der ge-
lten Compensation erhalten wurde, so stimmt dieses vollständig
mit überein, denn es geht mit Berücksichtigung des wahrschein-
en Fehlers daraus hervor, dafs das Wasser bei abnehmender Tem-
tur sich bis 4° C. zusammenzieht, unmittelbar unter diesem Puncte
in diesem Zustande mit unmefsbarer Veränderung beharrt, bis
e Ausdehnung wieder wahrnehmbar wird.

v	Volum.	Dichtig-keit	t	Volum.	Dichtig-keit
13°	1,000343	0,999547	57°	1,014891	0,985389
14	1,000581	0,999419	58	1,015302	0,984992
15	1,000790	0,999280	59	1,015704	0,984585
16	1,000972	0,999128	60	1,016098	0,984186
17	1,001135	0,998966	61	1,016500	0,983787
18	1,001280	0,998791	62	1,016894	0,983389
19	1,001387	0,998603	63	1,017300	0,982982
20	1,001504	0,998408	64	1,017688	0,982595
21	1,001602	0,998201	65	1,018078	0,982205
22	1,001681	0,997982	66	1,018477	0,981816
23	1,001751	0,997754	67	1,018921	0,981391
24	1,001804	0,997515	68	1,019321	0,980999
25	1,001841	0,997267	69	1,019730	0,980598
26	1,001860	0,997008	70	1,020121	0,980211
27	1,001871	0,996740	71	1,020527	0,979815
28	1,001875	0,996463	72	1,020923	0,979428
29	1,001867	0,996178	73	1,021346	0,979019
30	1,001846	0,995882	74	1,021770	0,978615
31	1,001813	0,995579	75	1,022231	0,978175
32	1,001768	0,995268	76	1,022654	0,977774
33	1,001711	0,994949	77	1,023085	0,977364
34	1,001642	0,994623	78	1,023560	0,976919
35	1,001560	0,994288	79	1,024000	0,976516
36	1,001466	0,993946	80	1,024470	0,976078
37	1,001371	0,993607	81	1,024931	0,975647
38	1,001249	0,993249	82	1,025403	0,975206
39	1,001127	0,992892	83	1,025903	0,974745
40	1,000992	0,992527	84	1,026385	0,974294
41	1,000847	0,992156	85	1,026865	0,973843
42	1,000691	0,991778	86	1,027360	0,973384
43	1,000526	0,991393	87	1,027870	0,972911
44	1,000350	0,991001	88	1,028378	0,972438
45	1,000167	0,990604	89	1,028885	0,971964
46	0,999976	0,990201	90	1,029413	0,971473
47	1,000178	0,989792	91	1,029943	0,970982
48	1,000372	0,989378	92	1,030474	0,970491
49	1,000559	0,988958	93	1,031004	0,970000
50	1,000739	0,988533	94	1,031541	0,969508
51	1,000912	0,988103	95	1,032080	0,969018
52	1,001078	0,987668	96	1,032619	0,968528
53	1,001238	0,987228	97	1,033162	0,968037
54	1,001391	0,986784	98	1,033706	0,967547
55	1,001537	0,986335	99	1,034252	0,967056
56	1,001678	0,985882	100	1,034798	0,966566

485) Eine werthvolle Untersuchung von Despretz[1] habe
i bisher nicht berücksichtigt, weil es unnöthige Mühe ver-
sacht haben würde, die durch sie erhaltenen Resultate in die
chst vollendete Arbeit Hällström's aufzunehmen. Despretz
ndet gegen meine Versuche ein, dafs zuerst die Lage des Null-
nctes der gebrauchten Thermometer nicht corrigirt worden sey,
s aber schon deswegen unmöglich war, weil alle Versuche
i diesem Puncte ausgingen, wodurch dieser Fehler von selbst
fallen und daher nothwendig corrigirt werden mufste. Zwei-
s erinnert er gegen die Ausdehnung des Glases, dafs sie
r mit der von Lavoisier und Laplace, nicht aber mit
von Dulong und Petit gefundenen übereinstimme, ob-
l man doch jetzt unfehlbar genauer experimentire, als im
re 1786. Dieses Argument dürfte aber schwerlich bei irgend
m Physiker Eingang finden; denn so achtungswerth auch
gelehrte Dulong seyn mag, so können doch jene Kory-
en der Wissenschaft unmöglich durch ihn so in Schatten
ellt werden, dafs ihre Autorität gänzlich verschwinden
ste. Aufserdem aber liegen die durch mich gefundenen
fsen nebst dem Verfahren, woraus sie sich ergaben, zur
rtheilung vor und ihre Uebereinstimmung mit jenen kann
n doch unmöglich zum gegründeten Vorwurfe gereichen.
dritter Einwurf dagegen, dafs ich den Punct der gröfsten
ätigkeit aus der Curve der Ausdehnung zwischen 0° bis
° C. abgeleitet habe, ist allerdings begründet, und ich habe
darüber bereits erklärt.

Despretz wählte zur ersten Reihe seiner Versuche das
mir angewandte Verfahren, indem er ein mit Wasser ge-
es Thermometer neben einem Quecksilberthermometer auf-
und den Stand beider von 2 zu 2 Minuten aufzeichnete.
gestehe, dafs ich nach meinen Erfahrungen mir nicht ge-
n würde, wegen des in Folge der höchst verschiedenen
mecapacität beider Flüssigkeiten sehr ungleichen Ganges
r zwei Instrumente, durch dieses Verfahren genügende Re-
te zu erlangen, weswegen ich vielmehr beide Thermome-

---

[1] Ann. de Chim. et Phys. T. LXX. p. 1 ff. L'Institut 5me
N. 191. p. 30. Compt. rend. 1837. T. IV. p. 124 u. 435. Lon-
and Edinb. Phil. Mag. N. LXXI. p. 1 ff. Im Auszuge in Poggen-
's Ann. XLI. 58.

Digitized by Google

ter so lange um den Gleichheitspunct durch geringes Steigen und Fallen schwanken liefs, bis ich überzeugt war, diesen wirklich erreicht zu haben. Auffallend ist zugleich, dafs die Ausdehnung des Wassers bis — 9° C. im Versuche gemessen wurde, da sich zwar das Wasser so tief erkälten läfst, leicht aber bei der geringsten Bewegung gefriert und dann die Kugel zersprengen würde, deren Inhalt nicht ohne unsägliche Mühe bestimmbar ist. Inzwischen wurde auf diese Weise der Punct der gröfsten Dichtigkeit bei 4°,007 C. gefunden. In einer zweiten Versuchsreihe wurde die von Rumford und Tralles befolgte Methode angewandt. Das Wasser befand sich in einem porzellanenen Gefäfse, an dessen beiden Seiten zwei Thermometer über einander hingen. Durch leises Anschlagen sollte die Bewegung der Wassertheilchen erleichtert werden, ein Mittel, dessen Zulässigkeit sehr zu bezweifeln seyn dürfte, weswegen auch alle andere Beobachter jede Erschütterung vermieden haben. Indem dann das Gefäfs durch die äufsere Temperatur langsam erkaltete oder erwärmt wurde und demnach das dichtere Wasser herabsank, zeigte der Stand der Thermometer die Temperatur desselben im Puncte der gröfsten Dichtigkeit. Nach angebrachten Correctionen gaben die Versuche im Mittel hierfür die Temperatur der gröfsten Dichtigkeit oder t = 3°,987 C. und also, wenn beide Resultate vereint werden, t = 3°,997, wofür in runder Zahl 4° genommen wird. Despretz untersuchte demnächst die Ausdehnung des Wassers für die Temperaturen von 4° C. bis 100°, und erhielt für den Siedepunct das Volumen = 1,04315, welche Gröfse von dem Mittel aus meinen drei Versuchsreihen = 1,04208 um 0,00107 und von dem durch Rechnung gefundenen = 1,04201 um 0,00114 abweicht.

Despretz[1] hat später nochmals die Temperatur des Wassers im Puncte der gröfsten Dichtigkeit durch mehrere Versuchsreihen auszumitteln gesucht und sich dabei abermals der mit Wasser gefüllten Thermometer bedient. Er benutzte deren zwei und erhielt mit dem ersten derselben in der ersten Versuchsreihe aus Messungen zwischen 7°,48 C. und 2°,17 im Mittel 3°,9923; in der zweiten aus Messungen zwischen 7°,18 und 2°,59 unmerklich abweichend 3°,9975; in der dritten,

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LXXIII. p. 296. L'Institut 8ae Ann. N. 318. p. 88.

Digitized by Google

lche Messungen zwischen 1° und 5° umfafste, 4°,0064; in
r vierten endlich, welche sich gleichfalls von 1° bis 5° er-
eckte, 3°,9546. Mit einem zweiten Mefsröhrchen stellte
gleichfalls vier Versuchsreihen an, und fand durch die
te Versuchsreihe, welche zwischen 1° und 5° C. an-
tellt wurde, die Temperatur des Wassers bei gröfster
chtigkeit = 3°,9918; durch die zweite, die sich von
,59 bis 7°,18 erstreckte, 4°,0208; durch die dritte, welche
Temperaturen von 2°,47 bis 7°,48 umfafste, 4°,0728; durch
vierte endlich, wobei die Temperaturen zwischen 1°,41 und
,77 lagen, 4°,0231. Das Mittel aus allen 8 Versuchsreihen,
bei jedoch nicht alle gefundene Werthe genommen wurden,
ndern im Ganzen nur die 11 vorzüglichsten, giebt die Tem-
atur des Wassers im Puncte seiner gröfsten Dichtigkeit
4°,004 mit der gröfsten Abweichung von 0°,1182. Indem
r durch seine ersten, mit vier verschiedenen Mefsröhrchen
gestellten Versuche im Mittel hierfür 3°,995 gefunden wurde,
glaubt er, man könne unbedenklich 4° in runder Zahl an-
hmen. Es ist zwar nicht wahrscheinlich, dafs die Tempe-
ur des Wassers im Puncte seiner gröfsten Dichtigkeit mit
em ganzen Grade der hunderttheiligen oder irgend einer son-
gen Thermometerscale zusammenfallen sollte, und schon des-
gen würde dem oben angegebenen Resultate der Vorzug ge-
hren, allein der Unterschied ist so unbedeutend, dafs man
se Bestimmung in runder Zahl auf jeden Fall als sehr nahe
htig betrachten und in Anwendung bringen darf. Endlich
l die Ausdehnung des Wassers unter dem Puncte seiner
lsten Dichtigkeit, diesen bei 4° C. angenommen, für gleiche
mperaturunterschiede etwas gröfser seyn, als über demsel-
n, was allerdings mit den in der oben mitgetheilten Tabelle
gegebenen Gröfsen übereinstimmt, indem das Volumen = 1
0$_0$ C. nur 0,999996 bei 8° ist, da aber der Unterschied
t in die sechste Decimalstelle fällt, so entschwindet er der
ssung.

Eine andere Reihe schätzbarer Versuche von Despretz, odurch er gefunden hat, dafs der Punct der gröfsten Dich-keit des Wassers durch Zusatz von Salzen tiefer herabsinkt, rd zweckmäfsiger im folgenden Abschnitte erwähnt werden, sie sich zugleich auf das Gefrieren bezieht.

Digitized by Google

β) Ausdehnung des Seewassers.

487) Zur Auffindung der Ausdehnungsgesetze des Seewassers habe ich gleichfalls eine Reihe von Beobachtungen angestellt[1], woraus hervorgeht, dafs die nicht sehr bedeutende Quantität der in dieser Flüssigkeit aufgelösten Salze die Ausdehnung desselben entweder gar nicht oder nur unmerklich abändert; denn es ist zwar das Volumen des Seewassers bei 100° C. = 1,044209 und die des reinen Wassers nur = 1,042065 nach meinen Beobachtungen, allein wenn man überlegt, dafs diese Gröfse erst von 4° an beginnt, jene aber bei 0° C., so ergiebt sich ein geringer Ueberschufs der Ausdehnung des reinen Wassers, wonach also die Gröfse derselben durch die aufgelösten Salze um eine Kleinigkeit vermindert wird, übereinstimmend mit dem allgemeinen Gesetze, dafs die dichtesten Körper die geringste Ausdehnung haben. Die Untersuchungen über die Temperatur der gröfsten Dichtigkeit des Seewassers werden am zweckmäfsigsten mit denen über seinen Gefrierpunct vereinigt.

Es ist zwar weit minder wichtig, die Ausdehnungsgesetze für Seewasser, als für reines Wasser zu kennen; da ich sie aber durch Versuche ermittelt habe, so theile ich hier den aufgefundenen analytischen Ausdruck mit und eine abgekürzte Tabelle der hiernach berechneten Werthe, die von den durch Beobachtung erhaltenen nur unmerklich abweichen. Die Formel ist:

$$V = 1 + 0{,}00005769938\,t + 0{,}0000050963886\,t^2 - 0{,}000000018733\,t^3 + 0{,}00000000006178\,t^4.$$

Sie giebt folgende Gröfsen für Centesimalgrade:

---

1 Mém. prés. p. 62. Erman's Untersuchungen s. §. 497.

t	Volumen	Dichtigkeit	t	Volumen	Dichtigkeit
0	1,000000	1,000000	25	1,004359	0,995659
1	1,000063	0,999937	26	1,004644	0,995377
2	1,000136	0,999864	27	1,004937	0,995089
3	1,000218	0,999781	28	1,005238	0,994779
4	1,000311	0,999688	29	1,005546	0,994484
5	1,000414	0,999586	30	1,005861	0,994172
6	1,000526	0,999474	31	1,006185	0,993852
7	1,000647	0,999353	32	1,006516	0,993525
8	1,000778	0,999222	33	1,006854	0,993183
9	1,000919	0,999082	34	1,007199	0,992852
10	1,001068	0,998933	35	1,007552	0,992504
11	1,001227	0,998828	40	1,009421	0,990666
12	1,001395	0,998671	45	1,011463	0,988669
13	1,001572	0,998430	50	1,013670	0,986425
14	1,001757	0,998245	55	1,016038	0,984214
15	1,001952	0,998052	60	1,018563	0,981775
16	1,002155	0,997864	65	1,021241	0,979201
17	1,002367	0,997649	70	1,024069	0,976496
18	1,002587	0,997418	75	1,027046	0,973666
19	1,002816	0,997202	80	1,030172	0,970712
20	1,003053	0,996957	85	1,033446	0,967636
21	1,003298	0,996713	90	1,036871	0,964440
22	1,003551	0,996461	95	1,040447	0,961125
23	1,003812	0,996203	100	1,044178	0,957690
24	1,004082	0,995935			

Zum Behuf der Messungen der mit der Tiefe abnehmenden mperatur des Meeres entschlofs sich Lenz[1] zu ähnlichen rsuchen über die Ausdehnung des Salzwassers von 1,02 und 03 specifischem Gewicht, zwischen denen das des Seewassers gt, um zu der Ueberzeugung zu gelangen, dafs ein solcher terschied des specifischen Gewichts auf das Gesetz der Aushnung keinen bedeutenden Einflufs habe. Die nachherigen gfältigen Versuche mit Salzwasser von 1,027 specifischem wichte umfassen nur die Temperaturen von 7°,5 bis 30° C.; rzu nahm er die durch Erman gefundenen Werthe von 0° 8°,75, die er seinen eigenen Bestimmungen anpafste, und ielt dann nicht für die Vermehrung des Volumens, sondern

1 Mém. de l'Acad. de Petersb. VIme Sér. T. I. p. 251. Poggendorff's Ann. XX. 113. Vergl. Art. *Meer*. Bd. VI. S. 1673.

für die *Verminderung der Dichtigkeit* durch Temperaturzunahme folgende Formel:

$$\delta = 1 - 0{,}00020533\,t + 0{,}0000003723\,t^2 - 0{,}000000188086\,t^3$$

für Grade der achtzigtheiligen Scale, also für Centesimalgrade

$$\delta' = 1 - 0{,}000164265\,t + 0{,}000000238272\,t^2 - 0{,}0000000963\,t^3.$$

Lenz hat hiernach eine Tabelle für die Dichtigkeit des Salzwassers bei den Temperaturen von 0° bis 24° R. berechnet. Die hieraus erhaltenen Werthe stimmen in den unteren Graden sehr nahe mit den nach meiner Formel berechneten überein, die Unterschiede wachsen aber zunehmend und bleiben stets positiv, sofern die Dichtigkeit nach mir gröfser ist; sie betragen für 5° C. 0,000413; für 10° C. 0,000647; für 15° C. 0,000786; für 20° C. 0,000944; für 25° C. 0,001121; für 30° C. 0,001486 und für 100° C. 0,068033. Es folgt also hieraus, dafs eine der beiden Gleichungen mit einem constanten Fehler behaftet sey, und dieses dürfte nach Wahrscheinlichkeitsgründen die durch Lenz gefundene treffen; denn erstlich ist sie aus der Zusammensetzung zweier mit verschiedenen Flüssigkeiten und unter ungleichen Bedingungen angestellten Versuchsreihen entstanden, und zweitens würde nach ihr die Dichtigkeit des Salzwassers in der Siedehitze um 0,070022 geringer seyn, als die des reinen Wassers, was wohl nicht möglich ist, statt dafs sie nach meiner Formel nur 0,001988 kleiner ist, was daher rührt, dafs die Einheit des Wassers bei 3°,9 C., die des Seewassers aber bei 0° C. genommen ist. Für die praktische Anwendung übrigens, wenn man nicht über 30° hinausgeht, ist dieser Unterschied nicht eben bedeutend, denn er beträgt bei dieser Temperatur nicht mehr als nahe ein und ein halbes Tausendstel.

γ) Ausdehnung des Weingeistes.

488) Die im ersten Theile dieses Werkes angegebenen Untersuchungen über die Ausdehnung des Weingeistes habe ich seitdem durch zwei Versuchsreihen vermehrt, welche beide auf gleiche Weise, als die für Wasser, angestellt wurden. In der ersten war der Alkohol nicht absoluter, denn sein speci-

sches Gewicht betrug 0,808 bei 12°,5 C. und würde also bei
)° C. nur 0,801 betragen, statt dafs Richter und Meissner
asselbe 0,792 und 0,791 fanden. Die Messungen wurden für
den fünften Grad angestellt und gaben folgenden analytischen
usdruck für das Volumen des Weingeistes für die verschie-
nen Temperaturen nach der hunderttheiligen Scale, das bei
° als Einheit angenommen:

$$V = 1 + 0{,}000989666\,t + 0{,}00000303489\,t^2 - 0{,}0000000395924\,t^3 + 0{,}000000000036364\,t^4,$$

onach die der gröfsten Dichtigkeit zugehörige Temperatur
- 56°,5 C. beträgt.

Das Gesetz der Ausdehnung des Weingeistes genau zu
nnen ist noch stets von grofser Wichtigkeit, weil diese
üssigkeit fortwährend zu Thermometern genommen wird,
omit man die Temperaturen unter dem Gefrierpuncte des
uecksilbers zu messen beabsichtigt, und ich habe daher
der mehrerwähnten Abhandlung ausführliche Untersuchun-
n über die Mittel angestellt, wodurch die Grade solcher
Weingeistthermometer auf Grade des Luftthermometers redu-
rt werden können; allein es läfst sich keine absolute Ge-
nigkeit hierin erlangen, weil man nie versichert ist, wie rein
r von den Künstlern angewandte Alkohol gewesen seyn mag,
endrein wenn er mit einer färbenden Substanz verbunden
t; da aber sicher nicht selten solcher Alkohol, wie der un-
rsuchte, zu Thermometern verwandt wird, so möge folgende
abelle hier Platz finden, die rücksichtlich der Correctionen
r Weingeistthermometer von Nutzen seyn kann, insbesondere
fern hierzu gewifs nur selten absoluter Alkohol genommen
ird.

Digitized by Google

t	Volumen	Dichtigkeit	t	Volumen	Dichtigkeit
50	0,965328	1,036001	2	1,001991	0,998013
49	0,965797	1,035414	4	1,004635	0,995011
48	0,966379	1,034790	6	1,006930	0,993037
47	0,967005	1,034056	8	1,009693	0,990189
46	0,967852	1,033215	10	1,001644	0,988038
45	0,968734	1,032277	12	1,012922	0,987066
44	0,969706	1,031240	14	1,014355	0,985648
43	0,970753	1,030117	16	1,017073	0,983744
42	0,971902	1,028910	18	1,018604	0,981735
41	0,973147	1,027585	20	1,020746	0,979873
40	0,974445	1,026267	22	1,023178	0,978003
39	0,975781	1,024841	24	1,025073	0,975340
38	0,977287	1,023361	26	1,026763	0,973470
37	0,978664	1,021801	28	1,029444	0,971388
36	0,980163	1,020154	30	1,031647	0,969324
35	0,981795	1,018541	32	1,033861	0,967248
34	0,983438	1,016841	34	1,036149	0,965170
33	0,985128	1,015096	36	1,038375	0,963090
32	0,986862	1,013313	38	1,040575	0,961007
31	0,988651	1,011494	40	1,042800	0,958924
30	0,990450	1,009642	42	1,045148	0,956838
29	0,992299	1,007761	44	1,047423	0,954752
28	0,994180	1,005854	46	1,049721	0,952664
27	0,996092	1,003923	48	1,052029	0,950577
26	0,998033	1,001971	50	1,054394	0,948487

Ungleich wichtiger ist es, das Gesetz der Ausdehnung des absoluten Alkohols zu kennen, und ich habe mich zu diesem Behufe Versuche angestellt[1]. Der dazu verwandte Alkohol wurde durch L. Gmelin absichtlich für diesen Zweck bereitet und hatte bei 0° C. ein spezifisches Gewicht von 0,79425, das Wasser im Puncte seiner größten Dichtigkeit, wonach sich also bei 20° C. = 0,791108, übereinstimmend mit anderen Angaben, seyn würde. Zu den Versuchen wurden die vorher wiederholt gebrauchten Apparate verwandt, und wir glauben bereits eine bedeutende Fertigkeit in diesen Operationen sich erworben zu haben, allein dennoch darunter die Unsicherheit erkannt, den beobachteten und den berechneten Werthen auf zuweilen

[1] Sur la dilatation de l'alcool absolu et de la surface de son maximum de densité. Ann. chim. phys. 3e. Ser. T. LXVIII. 430.

te Fehler, von denen sich aber annehmen läfst, dafs sie urch die in grofser Zahl vorhandenen Beobachtungen ausge- erzt werden, da die positiven und negativen Unterschiede ch völlig aufheben. Dreifsig solche, als zuverlässig zu be- achtende, zwischen — 15° und + 65° gefundene Werthe, de- n einige doppelt waren und wegen geringer Verschiedenheit s arithmetische Mittel zu nehmen gestatteten, geben folgende leichung:

$$V = 1 + 0{,}0010151148\,t + 0{,}0000030884\,t^2 - 0{,}0000000192458\,t^3,$$

onach die dem Puncte der gröfsten Dichtigkeit zugehörige emperatur sehr nahe — 89°,5 C. beträgt. Die Formel weicht on der für nicht absoluten Alkohol gefundenen nur wenig ab, nd es wird dadurch wahrscheinlich, dafs beide das Gesetz der usdehnung dieser Flüssigkeit sehr genau ausdrücken. Aus eser Ursache, und da man insbesondere neuerdings die tief- en Grade der Kälte mit Thermometern gemessen hat, die ohl ohne Zweifel mit absolutem Alkohol gefüllt waren, theile h nachfolgend eine ausführliche Tabelle der Volumina mit, urch welche die Dichtigkeiten leicht gefunden werden, wenn an diese Werthe in die Einheit dividirt.

t	Volumen	t	Volumen	t	Volumen
—100	0,948618	— 64	0,952728	— 29	0,973628
— 98	0,948293	— 62	0,953521	— 28	0,974421
— 96	0,948039	— 60	0,954368	— 27	0,975222
— 94	0,947854	— 58	0,955267	— 26	0,976033
— 92	0,947736	— 56	0,956218	— 25	0,976853
— 90	0,947686	— 54	0,957220	— 24	0,977682
— 88	0,947702	— 52	0,958271	— 23	0,978520
— 86	0,947783	— 50	0,959371	— 22	0,979367
— 84	0,947929	— 48	0,960518	— 21	0,980223
— 82	0,948138	— 46	0,961713	— 20	0,981087
— 80	0,948411	— 44	0,962953	— 19	0,981960
— 78	0,948744	— 42	0,964239	— 18	0,982841
— 76	0,949138	— 40	0,965568	— 17	0,983730
— 74	0,949592	— 38	0,966941	— 16	0,984628
— 72	0,950105	— 36	0,968356	— 15	0,985533
— 70	0,950676	— 34	0,969813	— 14	0,986446
— 68	0,951304	— 32	0,971309	— 13	0,987368
— 66	0,951988	— 30	0,972846	— 12	0,988297

t	Volumen	t	Volumen	t	Volumen
— 11	0,989233	10	1,010441	31	1,033863
— 10	0,990177	11	1,011514	32	1,035016
— 9	0,991128	12	1,012593	33	1,036170
— 8	0,992086	13	1,013676	34	1,037328
— 7	0,993052	14	1,014641	35	1,038487
— 6	0,994025	15	1,015857	36	1,039649
— 5	0,995004	16	1,016954	38	1,041978
— 4	0,995990	17	1,018055	40	1,044314
— 3	0,996983	18	1,019160	42	1,046657
— 2	0,997982	19	1,020270	44	1,049005
— 1	0,998988	20	1,021384	46	1,051357
0	1,000000	21	1,022501	48	1,053713
+ 1	1,001018	22	1,023622	50	1,056071
2	1,002042	23	1,024747	52	1,058431
3	1,003073	24	1,025876	54	1,060791
4	1,004109	25	1,027007	56	1,063152
5	1,005150	26	1,028142	58	1,065511
6	1,006198	27	1,029281	60	1,067868
7	1,007250	28	1,030422	62	1,070222
8	1,008309	29	1,031566	64	1,072572
9	1,009372	30	1,032713	66	1,074917

Die Vergleichung beider Tabellen führt zu dem Resultate, dafs die Gröfse der Ausdehnung des absoluten Alkohols am gröfsten ist und um so mehr abnimmt, je mehr er mit Wasser vermischt wird. Für 50° C. z. B. ist das Volumen des absoluten Alkohols = 1,056071, des nicht ganz reinen = 1,054394 und des Wassers = 1,011570.

δ) Ausdehnung sonstiger Flüssigkeiten.

489) Bei den sonstigen Flüssigkeiten ist es minder wichtig, das Gesetz ihrer Ausdehnung zu kennen, und es wird daher genügen, hierüber die Resultate der Untersuchungen nur kurz mitzutheilen, welche auf jeden Fall hinreichen, um die den verschiedenen Temperaturen zugehörenden Volumina mit der nöthigen Genauigkeit zu bestimmen. Nach meinen erwähnten Versuchen[1] ist der analytische Ausdruck für die Aus-

1 Ueber die Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeiten. In Mém. prés. à l'Acad. Imp. de Petersb.

Digitized by Google

hnung des *Schwefeläthers* von 0,733 specifischem Gewicht
i 12°,5 C.

$$V = 1 + 0{,}00150268\,t + 0{,}00000255214\,t^2 - 0{,}00000015783\,t^3 + 0{,}000000004166\,t^4,$$

onach die Temperatur der gröfsten Dichtigkeit $= -36°$ ist[1].
er blofse Anblick dieser Formel zeigt, dafs der Schwefeläther
ch stärker ausdehnt, als selbst absoluter Alkohol, noch mehr
er als nicht ganz reiner. Die Ausdehnung des *Steinöls* (*pe-
oleum rectificatum*) ist geringer, als die des Weingeistes,
gleich auch sehr regelmäfsig fortschreitend, und da diese
üssigkeit so schwer gefriert, aufserdem aber weit leichter rein
erhalten ist, so eignet sie sich vorzugsweise zu Thermo-
etern für bedeutende Kältegrade. Meine Versuche geben die
leichung:

$$V = 1 + 0{,}000988558\,t + 0{,}00000212046\,t^2 - 0{,}00000002676399\,t^3 + 0{,}0000000001950677\,t^4,$$

d die Temperatur der gröfsten Dichtigkeit $= -71°$ C. Auch
liquide Ammoniak vom specifischen Gewicht $= 0{,}9465$
12°,5 C. wurde von mir untersucht, allein es ist schwer,
Gesetz seiner Ausdehnung mit gehöriger Schärfe zu finden,
die Quantität des durch das Wasser gebundenen Gases va-
t und ein Theil desselben ohnehin bei steigender Wärme
weicht, weswegen die Messungen nicht weiter, als bis 45°
fortgesetzt werden konnten. Inzwischen kann folgende For-
l als hinlänglich genau gelten, wonach

$$V = 1 + 0{,}000285586\,t + 0{,}0000026002\,t^2 + 0{,}0000000641634\,t^3 - 0{,}0000000001046984\,t^4$$

und die Flüssigkeit keinen Punct der gröfsten Dichtigkeit
. Die von uns untersuchte *Salzsäure* zeigte bei 12°,5 C.
specifisches Gewicht $= 1{,}1978$, und die für ihre Ausdeh-
g gefundene Formel ist:

$$V = 1 + 0{,}000566237\,t - 0{,}000000829489\,t^2 + 0{,}0000000370847\,t^3 - 0{,}0000000000472156\,t^4.$$

---

1 Das hier angegebene Resultat stimmt mit dem sehr tief lie-
len Gefrierpuncte dieser Flüssigkeit §. 513 nicht überein. Dieses
ine Folge davon, dafs die Formel bis zur vierten Potenz ausge-
t ist, was namentlich die Bestimmung der Temperatur, die
gröfsten Dichtigkeit zugehört, unrichtig machen kann, wenn auch
gens die berechneten Werthe den beobachteten sehr nahe kommen.

Digitized by Google

Auch diese Flüssigkeit hat, wie die vorige, keinen Punct der gröfsten Dichtigkeit. Die Versuche mit *Salpetersäure* vom specifischen Gewicht = 1,4405 bei 12°,5 C. gaben mindestens sehr annähernd folgende Formel:

$$V = 1 + 0{,}0010661285\,t - 0{,}000001646108\,t^2 + 0{,}000000004489136\,t^3 - 0{,}000000000198241\,t^4,$$

aus welcher sich ergiebt, dafs diese Flüssigkeit keinen Punct der gröfsten Dichtigkeit hat. Parry[1] fand beiläufig bei seinen Versuchen über das Gefrieren der tropfbaren Flüssigkeiten, die er auf der Insel Melville anstellte, dafs concentrirte Salpetersäure sich ungefähr ebenso stark, als Quecksilber ausdehnt, was jedoch, wenn es nicht die Regelmäfsigkeit, sondern die Gröfse der Ausdehnung bezeichnen soll, mit meinen Versuchen nicht übereinstimmt.

Auf die Versuche mit *concentrirter Schwefelsäure* vom specifischen Gewichte 1,836 bei 12°,5 C. wurde bei weitem die gröfste Sorgfalt verwandt, weil ich an ihr das Gesetz der Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten in sehr hohen Temperaturen kennen zu lernen wünschte. Die Ausdehnung derselben zeigte sich sehr regelmäfsig, denn die Grade des Quecksilberthermometers und die des gebrauchten Mefsröhrchens behielten stets fast genau das nämliche Verhältnifs bei; dennoch aber zeigten die berechneten Werthe, mit den beobachteten verglichen, sehr grofse Unterschiede, und der Gefrierpunct dieser Säure müfste nach der Formel unter — 103° C. liegen, was gegen die Erfahrung streitet. Dieses Resultat ging hervor, als 37 Beobachtungen von 5° bis 230° des auf das Luftthermometer reducirten Quecksilberthermometers in Rechnung genommen wurden, welche folgende Gleichung gaben:

$$V = 1 + 0{,}000551161558\,t + 0{,}000000838519 87\,t^2 - 0{,}000000008171231\,t^3 + 0{,}000000000252167 1\,t^4,$$

wodurch die Volumina mindestens sehr annähernd gefunden werden. Wegen der offenbar unrichtigen Temperatur des Punctes der gröfsten Dichtigkeit, wie sie durch diese Formel gegeben wird, schien es zweckmäfsig, nur die 20 Beobachtungen zwischen 5° und 100° C. in Rechnung zu nehmen, wodurch folgende Gleichung erhalten wurde:

---

1 Appendix to Capt. Parry's second Voyage cet. Lond. 1825. 4. p. 260.

Digitized by Google

$$V = 1 + 0{,}0005279835\,t + 0{,}00000287180238\,t^2 - 0{,}0000000512240355\,t^3 + 0{,}000000000028324437\,t^4.$$

ch dieser liegt der Punct der gröfsten Dichtigkeit bei — 39°,2 , was mit der Erfahrung Thomson's, welcher den Gefrier- nct dieser Säure von 1,845 specifischem Gewichte bei — 38° fand, nahe genug übereinstimmt, allein die nach dieser For- l berechneten Werthe geben mit den durch Beobachtung ge- ndenen in den höheren Temperaturen so grofse Differenzen, fs man die Volumina und Dichtigkeiten dieser Flüssigkeiten r durch die erste Formel mit genügender Sicherheit erhalten nn. Da aber die Messungen von vorzüglicher Genauigkeit d, so dürfte es am angemessensten seyn, diese selbst hier fzunehmen, weil sich aus ihnen vielleicht durch angemessene rechnung das Gesetz der Ausdehnung dieser Flüssigkeit von hoch liegendem Siedepuncte finden und hiervon auch auf dere ähnliche schliefsen läfst.

t	Volumen	t	Volumen
— 30	0,98186246	80	1,04600880
— 25	0,98516516	85	1,04902662
— 20	0,98848626	90	1,05299768
— 15	0,99135488	95	1,05493247
— 10	0,99411959	100	1,05784948
— 5	0,99707687	105	1,06088253
0	1,00000000	110	1,06382362
+ 5	1,00281920	115	1,06665415
10	1,00567401	120	1,06918854
15	1,00842485	125	1,07215480
20	1,01128109	130	1,07510567
25	1,01408098	135	1,07825436
30	1,01726337	140	1,08055395
35	1,02007594	150	1,08727138
40	1,02319476	160	1,09397396
45	1,02611664	170	1,10018821
50	1,02902129	180	1,10655921
55	1,03181878	190	1,11288223
60	1,03465295	200	1,11928862
65	1,03743377	210	1,12591285
70	1,04019751	220	1,13224644
75	1,04312375	230	1,13885767

490) An die bereits erwähnten Untersuchungen über die Gesetze der Ausdehnung der Oele[1] lassen sich die Resultate eigener Versuche anknüpfen. Hiezu wurde *Mandelöl* genommen, wie man dasselbe aus guten Officinen käuflich erhält. Aus 24 Messungen zwischen 5° und 120° C. ergab sich folgende Gleichung:

$$V = 1 + 0{,}0007445475\,t + 0{,}0000003134379\,t^2 + 0{,}0000000002750899\,t^3 - 0{,}0000000000015975079\,t^4,$$

aus welcher hervorgeht, dafs diese Flüssigkeit keinen Punct der gröfsten Dichtigkeit hat, sondern sich selbst auch beim Gestehn fortwährend zusammenzieht, wie schon DE LUC für Olivenöl, übereinstimmend mit der Erfahrung, gefunden hat. Auch ERMAN[2] wurde bei seinen (§. 474) erwähnten Experimenten veranlafst, die Ausdehnung des Olivenöls zu untersuchen, um darin die Wägungen der leichtflüssigen Metallmischung vorzunehmen. Die Gleichung, welche er ohne Correction für die Ausdehnung des Glases erhielt, ist folgende:

$$V = 1 + 0{,}00089015776\,t + 0{,}0000004450113\,t^2 + 0{,}0000000000931780\,t^3.$$

Diese vergleicht er mit derjenigen, welche PAUCKER[3] aus den Messungen von DE LUC gefunden hat, nämlich

$$V = 1 + 0{,}00089178169\,t + 0{,}0000004864638\,t^2 - 0{,}00000000008499\,t^3,$$

beide für Grade der achtzigtheiligen Scale. Die nahe Uebereinstimmung ist zwar nicht zu verkennen, allein es ist auffallend, dafs jene erste Gleichung lauter positive Coefficienten hat, was bei keiner der sonstigen, bisher aufgefundenen statt findet[4]; auch scheint es mir in der Natur der Sache zu liegen, dafs eins der Glieder verneinend seyn müsse, weil sonst das Volumen der Flüssigkeiten in höheren Temperaturen allzusehr wächst.

---

1 S. Art. *Ausdehnung*. Bd. I. S. 624.

2 Poggendorff's Ann. IX. 559 und die oben angez. Dissert.

3 Ueber die Anwendung der Methode der kleinsten Quadratsumme auf physikal. Beobachtungen u. s. w. Mitau 1819.

4 Die Ausdehnung der gesättigten Salzsoole wird zwar nach Bd. I. S. 625 gleichfalls durch eine Gleichung ausgedrückt, welche 3 bejahende Coefficienten hat, allein ich glaube nicht, dafs jene ältere Arbeit von DE LUC nach dem Vielen, was neuerdings in dieser Beziehung geschehn ist, grofses Vertrauen verdient.

Digitized by Google

ch die Correction für die Ausdehnung des Glases nach den sungen von Dulong und Petit wird dann die Gleichung die Ausdehnung des Olivenöls für t Grade nach R.

$$V = 1 + 0{,}00092015776\,t + 0{,}0000005004504\,t^2 + 0{,}0000000000970708\,t^3$$

für die Centesimalscale

$$V = 1 + 0{,}0007361262\,t + 0{,}0000003202882\,t^2 + 0{,}0000000004970025\,t^3.$$

gleicht man diesen Ausdruck mit dem durch mich für Man- l gefundenen, so kommen beide darin überein, dafs es für e Flüssigkeit keinen Punct der gröfsten Dichtigkeit giebt, mit der Erfahrung vollkommen übereinstimmt, wonach alle e, so wie auch Wachs, sich beim Erkalten und selbst nach Gestehen zusammenziehn, ohne dafs hierbei ein Still- dspunct ihrer Zusammenziehung oder gar eine zwischentre- e Ausdehnung statt zu finden scheint. Uebrigens aber ist i dieser Formel die Ausdehnung des Oels, welches durch IAN zu seinen Versuchen genommen wurde, ungleich grö- , als die des Mandelöls nach meinen Messungen, und sogar ser, als die des Schwefelkohlenstoffs, welcher sich be- ntlich sehr stark ausdehnt, des Steinöls und selbst des luten Alkohols, kleiner jedoch, als die des Schwefeläthers. h bei meinen Versuchen, wenn die Erwärmung des Mefs- chens in Olivenöl geschah, habe ich die starke Ausdeh- g dieser Flüssigkeit beiläufig wahrgenommen, ob aber ein bedeutender Unterschied zwischen Mandelöl und gewöhnli- n Oele wirklich statt findet, als aus meiner und Erman's mel hervorgeht, mufs ich dahin gestellt seyn lassen.

Auch die Ausdehnung des *Schwefelkohlenstoffs* ist von mir die angezeigte Weise untersucht worden. Aus 32 Messungen, unter 4 doppelt waren, und aus denen daher wegen äufserst nger Abweichung von einander das arithmetische Mittel ge- mmen wurde, ergab sich folgende Gleichung:

$$V = 1 + 0{,}001125690639\,t + 0{,}0000017150 49\,t^2 - 0{,}0000000121166\,t^3,$$

h welcher diese Flüssigkeit gleichfalls keinen Punct der fsten Dichtigkeit hat. Da sich dieselbe aber wegen ihrer elmäfsigen Ausdehnung, und weil sie nicht so, wie der ingeist, leicht Feuchtigkeit aus der Luft aufnimmt, mithin

Digitized by Google

leichter als letzterer im Zustande der Reinheit aufbewahrt werden kann, vorzugsweise zu Thermometern eignet, so stelle ich die mit den Versuchen sehr genau übereinstimmenden Volumina derselben, wie sie die Berechnung giebt, in folgender Tabelle zusammen.

t	Volumen	t	Volumen	t	Volumen
— 50	0,947852	— 10	0,988913	32	1,037818
— 48	0,949783	— 8	0,991104	34	1,040304
— 46	0,951729	— 6	0,993307	36	1,042804
— 44	0,953687	— 4	0,995525	38	1,045319
— 42	0,955656	— 2	0,997755	40	1,047849
— 40	0,957639	+ 2	1,002258	42	1,050394
— 38	0,959634	4	1,004530	44	1,052954
— 36	0,961641	6	1,006816	46	1,055529
— 34	0,963661	8	1,009116	48	1,058119
— 32	0,965694	10	1,011430	50	1,060724
— 30	0,967740	12	1,013757	52	1,063344
— 28	0,969799	14	1,016099	54	1,065979
— 26	0,971870	16	1,018455	56	1,068630
— 24	0,973954	18	1,020825	58	1,071296
— 22	0,976052	20	1,023209	60	1,073977
— 20	0,978162	22	1,025608	62	1,076674
— 18	0,980286	24	1,028021	64	1,079387
— 16	0,982423	26	1,030449	66	1,082115
— 14	0,984573	28	1,032890	68	1,084858
— 12	0,986736	30	1,035347	70	1,087618

491) Neuerdings hat Despretz[1] die bisherigen Erfahrungen über die Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeiten durch eine interessante Thatsache vermehrt. Es ist allgemein angenommen und hiermit stimmen alle hier mitgetheilte Formeln überein[2], dafs die Ausdehnung der tropfbar-flüssigen und festen

---

1 L'Institut. 6me Ann. N. 246. Compt. rend. T. VII. p. 559. Poggendorff's Ann. XLVI. 134.

2 Nach Frankenheim in Berl. Jahrbücher für wissenschaftl. Kritik soll die allgemeine Formel für die Ausdehnung der Flüssigkeiten folgende seyn: $\text{Log.}\frac{y}{\beta} = A(p-\alpha)^2$, worin β die Ausdehnung im Minimum, α die zugehörige Temperatur, y die Ausdehnung bei der Temperatur p, A eine Constante aus Versuchen bezeichnen. Ferner ist $p = 722 \text{ Log.}(1 - hx)$, worin x die Temperatur in Centesimalgraden und $h = 0{,}00375$ sind. Die Formel soll entstanden seyn aus $\text{Log.}\frac{y}{\beta} = a^2\left(r^{\alpha-p} - r^{p-\alpha}\right)^2$, worin a und r vom logarith-

Digitized by Google

örper durch eine Curve ausgedrückt wird, welche ihre Con-
exität gegen die Axe der Temperaturen wendet (eine gegen
ie Axe der Abscissen convexe Parabel höherer Ordnung), statt
afs eine gerade Linie das Gesetz der Ausdehnung gasförmiger
örper darstellt. Das abnorme Verhalten des Schwefels gegen
ie Wirkungen der Wärme (§. 509) veranlafste ihn aber, die
usdehnung desselben gerade in denjenigen Temperaturen zu
rüfen, in denen dieses ungewöhnliche Verhalten eintritt. Er
ediente sich hierzu solcher Apparate, womit er die Ausdeh-
ung tropfbarer Flüssigkeiten untersucht hatte (§. 485), und
nd auf diese Weise, dafs der Schwefel im flüssigen Zustande
ch abnehmend ausdehnt. Die Coefficienten seiner wahren Aus-
ehnung sind:

von	110°	bis	130°	C.	. . . .	0,000622
—	110	—	150	—	. . . .	0,000582
—	110	—	200	—	. . . .	0,000454
—	110	—	250	—	. . . .	0,000428.

s ist dieses allerdings sehr auffallend; wenn aber den Formeln
ir die Ausdehnung tropfbarer Flüssigkeiten volles Vertrauen
ebührt, so findet eben dieses Verhalten auch bei andern statt.
Venn man nämlich in die Differentialgleichung zur Auffindung
es kleinsten Volumens oder der gröfsten Dichtigkeit:

$$\frac{\partial . (V-1)}{\partial t} = a + b.2t + c.3t + .. = 0$$

att der negativen Werthe für t vielmehr positive setzt, so
eben die Wurzeln das Maximum des Volumens, also den
unct der geringsten Dichtigkeit, von wo an die Ausdehnungs-
urve sich der Axe der Abscissen wieder zu nähern beginnt.
eispielsweise führe ich nur das Mandelöl an, welches nach
einen Versuchen[1] diesen Punct bei + 296 des Lufthermo-
eters hat. Dieses Resultat ist weniger auffallend; denn da
as Oel nicht eigentlich siedet, bei etwa 300° C. aber eine

---

ischen Systeme, von der Thermometerscale und von der Natur der
lüssigkeit abhängig seyn sollen. Ich finde indefs nicht, dafs irgendwo
nwendung von diesem analytischen Ausdrucke gemacht worden ist, auch
ifst sich ohne nähere Bestimmung und Anwendung auf Gröfsen, die
rch Erfahrung gefunden worden sind, nicht wohl ein Urtheil dar-
ber fällen.

1 Ueber die Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeiten.

Digitized by Google

Zersetzung erleidet, so stimmt dieses insofern mit der Theorie überein, als man sagen kann, das Gesetz der regelmäfsigen Ausdehnung dieser Flüssigkeit hört mit dem Beginnen seiner Zersetzung auf. Verfährt man auf gleiche Weise mit der für die Ausdehnung des liquiden Ammoniaks gefundenen Formel, so findet man das Maximum seines Volumens einer Temperatur $t = 74°,75$ zugehörend, und von hier an würde die Curve seiner Ausdehnung sich der Abscissenaxe wieder nähern. Es liefsen sich hieraus allerdings interessante Folgerungen ableiten, allein, wie bereits (§. 483) bemerkt wurde, es scheint der analytische Ausdruck, welcher das Gesetz der Ausdehnung darstellt, nicht in der Art absolut genau zu seyn, dafs man ihn willkürlich auf alle höhere und tiefere Temperaturen ausdehnen könnte.

c) Ausdehnung der gasförmigen Flüssigkeiten.

492) Nicht leicht galt im Gebiete der Physik irgend eine Bestimmung für so genau und sicher, als die der Ausdehnung der Gasarten und Dämpfe, wie diese durch Gay-Lussac gefunden worden ist[1]. Seit der Bekanntwerdung des durch diesen Gelehrten erhaltenen Coefficienten = 0,00375 für 1° C. hat Niemand Zweifel dagegen erhoben, aufser die von mir selbst geäufserten, aus meinen eigenen Versuchen über die Dichtigkeit der Dämpfe beiläufig entnommenen, wonach dieser Coefficient für feuchte Luft gilt, für trockne aber kleiner seyn mufs[2]. Können gleich meine, nicht absichtlich diesem Probleme gewidmeten Versuche auf eine zur Entscheidung dieses streitigen Punctes erforderliche Genauigkeit keine Ansprüche machen, und mag es immerhin gegründet seyn, dafs die Ausdehnung aller gasförmigen Körper dieselbe ist, so folgt doch daraus keineswegs, dafs ein Gemenge aus Luft und Dampf gleichfalls genau eine ihrer Gröfse nach ganz gleiche Ausdehnung zeigen mufs, als welche jeder einzelnen derselben eigen ist; dieser Satz beruht allein auf Gay-Lussac's Versuchen, die allerdings noch einer Controle bedurften, wie sich sogleich zeigen wird.

---

1 Vergl. Art. *Ausdehnung*. Bd. I. S. 625 ff.

2 Physikalische Abhandlungen. Giefs. 1816. S. 146.

Digitized by Google

Bei der Wichtigkeit des bisher üblichen Coefficienten für
Ausdehnung der Gase = 0,00375, welcher in zahllosen Fäl-
in Anwendung kommt, war es ein sehr verdienstliches Un-
nehmen, dafs Rudberg[1] denselben einer Prüfung unterwarf,
il einige von ihm angestellte Versuche Abweichungen zeig-
, die auf einen Fehler in dieser Bestimmung deuteten. Für
ne Messungen wählte er die Methode, die vorher ausge-
cknete atmosphärische Luft zu erhitzen, dann zu erkälten
l die dadurch bewirkte Zusammenziehung zu messen. Die-
geschah mittelst Glaskugeln ab, welche gegen 150 Gramm Fig.
ecksilber fafsten und mit einem dünnen, feinen, in eine sehr 73.
ge Spitze ausgezogenen Röhrchen versehn waren. Dieses
hrchen ging luftdicht durch den Kork D in die mit Chlor-
cium gefüllte Röhre DE, und um die Luft gehörig auszu-
cknen, wurde die Kugel 50- bis 60mal mittelst einer Wein-
stlampe erhitzt und demnächst erkältet oder das Ende E der
hre wurde mittelst eines bleiernen Verbindungsstückes durch
Luftpumpe wiederholt exantlirt. War die Luft gehörig ge-
cknet und die Röhre DE mit einem Korke bei E verschlos-
, worin ein kleines Loch zum freien Durchgange der Luft
nte, so wurde der Apparat mittelst des aus zwei Theilen
tehenden Korkes mn in das Heizgefäfs AB gebracht. Nach-
n das in diesem enthaltene Wasser etwa drei Viertelstunden
altend gesiedet hatte, ward die Röhre DE weggenommen,
Sieden noch etwa 10 Minuten fortgesetzt und die feine
itze zugeblasen. Alsdann folgte die Wägung des Mefsröhr-
ns auf einer Waage, die noch 0,1 Milligr. mit Sicherheit
gab. Zur demnächst folgenden Messung diente ein zweiter
parat. Das Röhrchen ward durch die Oeffnung b in der Fig.
tallenen Schale abc gesteckt, die auf dem beweglichen Arme 74.
ruhte, vermittelst dessen die Spitze tief in das Quecksil-
des Gefäfses EFHG hinabkam. Die Schale abc diente
n, die Kugel allseitig mit Schnee zu umgeben, indem das
chmolzene Wasser durch die Röhre ablief. Nachdem durch
zubringen von frischem Schnee während zwei Stunden und
über die Kugel sicher bis auf 0° herabgebracht worden war,
mit das Quecksilber nach vorher abgebrochener Spitze vollständig
den Apparat eindringen konnte, wurde die Spitze durch eine

---

1 Poggendorff's Ann. XLI. 271.

Digitized by Google

weiche Masse aus Wachs und Terpentin verschlossen, der Barometerstand notirt, der Schnee weggenommen, und zur Bestimmung des Höhenunterschiedes der Quecksilber-Niveaus im Gefäfse und in der Kugel geschritten. Durch die Schraube NP liefs sich die Hülse tm und der an ihrem Arme befestige Ring gh so herabbringen, dafs letzterer über die Kugel herabgesenkt das Niveau des Quecksilbers in dieser genau angab, die Spitze der Schraube K aber das Quecksilber in der Wanne berührte; nach Wegnahme des Mefsapparates gaben zwei parallele Lineale den Abstand zwischen der Spitze und der unteren Fläche des Ringes, und somit den Unterschied der Dichtigkeit der äufseren und der in der Kugel befindlichen Luft an. Alsdann wurde das wenige Wachs von der Spitze weggenommen, die Kugel mit dem Quecksilber gewogen und das Ende des Röhrchens etwas gebogen, um es in Quecksilber zu tauchen und die Kugel gänzlich damit zu füllen. War dieses endlich durch Auskochen von aller Luft befreit und der Apparat durch Einsenken in schmelzendem Schnee völlig mit Quecksilber bei 0° Temperatur gefüllt, so nahm man die Kugel weg und fing das auslaufende Quecksilber auf, während die Kugel abermals im Erwärmungsapparate die Siedehitze annahm, und auf diese Weise liefs sich aus dem Gewichte des ausgelaufenen und des in der Kugel zurückgebliebenen Quecksilbers sowohl der Inhalt der Kugel als auch die Ausdehnung der Luft und die bereits (§. 473) angegebene des Glases finden.

493) Nimmt man die Sache allgemein, also auch so, daß die Kugel nicht bis 0° durch Eis erkältet, sondern in einem ähnlich eingerichteten Gefäfse im Wasser bis zu einer bestimmten niedrigen Temperatur abgekühlt wird, wie durch Rudberg in drei Versuchen wirklich geschah, so führen folgende Betrachtungen zur Auffindung der gesuchten Ausdehnung des Gases. Es sey der Inhalt der Kugel $= V$; die nach dem Barometerstande corrigirte Temperatur des siedendheifsen Wasserdampfes $= T$; der Barometerstand $= H'$, die wahre Ausdehnung der Luft für $1°$ C. $= \alpha$; die des Glases $= \delta$; das Gewicht der Volumen-Einheit der trocknen Luft bei 0° Temperatur und 0,76 Meter Barometerstand $= a$, so ist das Gewicht der in der Kugel beim Zublasen der Spitze enthaltenen Luft

$$q = a \,.\, V \,.\, \frac{H'}{0{,}76} \,.\, \frac{1 + \delta T}{1 + \alpha T} \,.$$

Digitized by Google

st die Temperatur der Luft in der Kugel nach der Abkühlung, enn die Spitze abgebrochen ist, = t, der Barometerstand beim erschliefsen der Spitze mit Wachs = H″, der Höhenunter-chied beider Quecksilber-Niveaus = h, das Volumen der ab-ekühlten Luft = v, so ist bei unveränderter Masse der Luft:

$$q = a v \frac{H'' - h}{0{,}76} \cdot \frac{1 + \delta t}{1 + \alpha t}$$

nd beide Werthe von q einander gleich gesetzt:

$$\frac{1 + \alpha T}{1 + \alpha t} = \frac{V}{v} \cdot \frac{H'}{H'' - h} \cdot \frac{1 + \delta T}{1 + \delta t}.$$

nithin wenn man das, was rechts vom Gleichheitszeichen steht, urch n bezeichnet, die wahre Ausdehnung der Luft für 1° C.

$$\alpha = \frac{n - 1}{T - n t}.$$

Wird die Kugel durch Schnee abgekühlt, so ist einfacher

$$n = \frac{V}{v} \cdot \frac{H'}{H'' - h} \cdot (1 + \delta T)$$

nd folglich

$$\alpha = \frac{n - 1}{T}.$$

n dieser Formel mufs V und v bestimmt werden, da die übri-gen Gröfsen bekannt sind. Im zuletzt angenommenen Falle, enn t = 0 ist, sey das Gewicht des die Kugel bei 0° C. fül-enden Quecksilbers = P und das Gewicht des beim Erkalten er Kugel bis 0° in sie gedrungenen Quecksilbers = p, so ist

$$\frac{V}{v} = \frac{P}{P - p},$$

lso

$$n = \frac{P}{P - p} \cdot \frac{H'}{H'' - h} \cdot (1 + \delta T).$$

Hierbei wird δ, der Coefficient der Ausdehnung des Gla-es, als bekannt vorausgesetzt oder vorher ermittelt, wie durch Rudberg (§. 473) geschah. Ist t nicht = 0, so müssen die Werthe von P und p auf diese Temperatur reducirt werden; doch giebt dieses minder sichere Resultate, weil es kaum möglich ist, die Temperatur des abkühlenden Wassers eine hinlänglich lange Zeit gleichbleibend zu erhalten. Die drei ersten Versuche, welche auf diese letztere Weise angestellt wurden, gaben im Mittel 0,3623 für die Ausdehnung der Luft zwischen 0° und 100° C., neun andere aber mit Anwendung

Digitized by Google

des ersteren Verfahrens gaben im Mittel 0,3646, wobei die Extreme 0,3636 und 0,3654 betrugen. In diesen Versuchen waren die Barometerstände, also auch die Temperaturen der Siedehitze und die Höhen der Quecksilbersäulen in den Röhrchen der Kugeln sehr ungleich, und da dennoch die einzelnen Werthe so wenig von einander abweichen, so entscheidet dieses bestimmt für die Genauigkeit der Resultate, die auch, wie ausführlich gezeigt wird, nicht mit bedeutenden Fehlern behaftet seyn können. Zwei absichtlich mit feuchter Luft angestellte Versuche, wobei jedoch kein tropfbares Wasser sichtbar war, gaben den Coefficienten der Ausdehnung = 0,3840 und 0,3902, wodurch höchst wahrscheinlich wird, dafs die von anderen Physikern und auch von Gay-Lussac und Dalton gefundenen fehlerhaften Resultate von der Anwesenheit des Wasserdampfes herrührten, wie ich selbst gleich bei ihrer Bekanntwerdung äufserte.

Rudberg[1] hat später noch einen eigenen Apparat construirt, mittelst dessen die Ausdehnung der Luft durch die Zunahme ihrer Elasticität gemessen wird; mir scheint jedoch diese Methode minder sicher und mit gröfseren Schwierigkeiten verbunden zu seyn, als die beschriebene, denn sie erfordert eine Correction wegen der Capillarität eines dabei angebrachten engen Verbindungs-Röhrchens, die Röhre, welche die Elasticität der eingeschlossenen Luft durch eine aufsteigende Quecksilbersäule mifst, ist oben offen und gestattet daher der feuchten Luft den Zutritt zur Oberfläche dieser Quecksilbersäule, wodurch die Capillarität dieser Röhre Veränderungen unterliegt, und endlich läfst sich der, die zu messende Luft einschliefsende, Cylinder minder leicht bis 0° C. erkälten und bis zur Siedehitze des Wassers erwärmen. Bei der Gewissenhaftigkeit und experimentellen Fertigkeit des der Wissenschaft leider zu früh entrissenen schwedischen Physikers läfst sich aber voraussetzen, dafs er auch bei der Anwendung dieses zweiten Apparates durch Vermeidung möglicher Fehler richtige Resultate erlangt habe, und da er vermittelst desselben abermals durch zwölf Versuche den Coefficienten der Ausdehnung trockner Luft = 0,36457 im Mittel erhielt, wobei die Extreme der einzelnen Resultate 0,3640 und 0,3664 betragen, so mufs in Zukunft der *Coefficient* der

1 Poggendorff's Ann. XLIV. 119.

Digitized by Google

Ausdehnung trockner Luft = 0,3646 oder kürzer = 0,365 ir den Temperaturunterschied zwischen den beiden festen uncten des Thermometers angenommen werden, statt dafs hier- ir bisher die Bestimmung Gay-Lussac's = 0,375 als richtig lt. Die so lange Zeit gangbaren Bestimmungen 0,00375 und $\frac{1}{266,67}$ verwandeln sich diesemnach für die Zukunft in 0,003646 ler 0,00365 und $\frac{1}{273,97}$ oder $\frac{1}{274,27\ldots}$. Am angemessen- en dürfte es seyn, 0,00365 und $\frac{1}{274}$ zu wählen.

494) Zu diesem höchst wichtigen Nachtrage der Unter- uchungen über die Ausdehnung gasförmiger Körper lassen sich och einige minder umfangreiche hinzufügen. Dahin gehört auptsächlich eine Messung Parry's [1], welcher die Ausdehnung er Luft zwischen 12°,78 C. und — 37° C. für 1° C. = 0,003629 nd. Da hierbei die Correction für die Ausdehnung des Glases icht erwähnt ist, so läfst sich diese in genähertem Werthe inzufügen, und es beträgt dann diese Gröfse 0,003632, also ird für einen Temperaturunterschied von 0° bis 100° C. der oefficient der Ausdehnung trockner Luft = 0,3632, welche estimmung von der durch Rudberg gefundenen um einen nterschied abweicht, welcher innerhalb der Fehlergrenze sol- er Versuche liegt [2]. Auf jeden Fall dient auch dieses Resul- t zur Bestätigung des durch Rudberg gefundenen Coefficien- n und streitet gegen die Richtigkeit des früher durch Gay- ussac erhaltenen.

Schliefslich möge hier noch bemerkt werden, dafs nach len bisher bekannt gewordenen genauen Versuchen die Aus- ehnungslinie der atmosphärischen Luft eine gerade ist, d. h. afs der Coefficient der Volumensvermehrung für alle richtige rade des Thermometers unverändert bleibt. Einen thatsächli- hen Beweis hierfür liefert Parry's Messung bei sehr niedri-

---

1 Appendix to Capt. Parry's second Voyage cet. Lond. 1825. p. 246.

2 Wenn man berücksichtigt, dafs der Weingeist sich in niederen raden weniger zusammenzieht, so bedürfen die mit einem Wein- eistthermometer gemessenen Grade einer Correction, wodurch der er- altene Coefficient etwas gröfser und also dem durch Rudberg gefun- enen noch ähnlicher werden würde.

Digitized by Google

gen Thermometergraden. Inzwischen sucht Meikle[1] durch den Calcül zu beweisen, dafs für eine arithmetische Reihe der Thermometergrade die Ausdehnung der Luft eine geometrische bilde. Wir verweisen in dieser Beziehung auf die oben (§. 21) mitgetheilten Untersuchungen.

2) Schmelzen und Gefrieren.

495) Das Schmelzen oder die Schmelzung, das Flüssigwerden (*Fusio;* Fusion, Fonte; *Melting*, *Liquefaction*), steht dem Gefrieren, der Gefrierung (*Congelatio;* Congélation; *Freezing*, *Congelation*) entgegen, streng wissenschaftlich kann aber, wenn von den Wirkungen der Wärme geredet wird, nur vom Schmelzen die Rede seyn, denn dieses wird durch die Wärme bewirkt, statt dafs durch deren Entziehung das Gestehen oder Gefrieren eintritt. Dabei pflegt man, ohne eigentlich bestimmte Feststellung der Wortbedeutung, sich des Ausdrucks *Gestehen* oder *Festwerden* bei solchen Körpern zu bedienen, welche über dem Schmelzpuncte des Eises flüssig werden, den Ausdruck *Gefrieren* aber bei solchen zu gebrauchen, die bei oder unter diesem Puncte in den Zustand der Festigkeit übergehen. Dem Wesen nach findet hierbei kein Unterschied statt, denn allgemein verändert die Zunahme der Wärme den Aggregatzustand aller festen Körper so, dafs sie in den der tropfbaren Flüssigkeit übergehen, was man sich auch so vorstellen kann, als würden die starren Körper im Wärmestoff aufgelöst[2]. Die passlichste Hypothese zur Vorstellung dieser Veränderung ist die, wonach die Anziehung der Körper-Molecüle durch die Repulsion der sie umgebenden Wärmesphären bis zu dem Grade überwunden wird, dafs jene ohne mefsbares Hindernifs jede Lage gegen einander annehmen und sich frei um einander bewegen. Sofern aber diese Wirkung auf den allgemein thätigen Kräften beruht, deren stabiles Gleichgewicht den Aggre-

---

1 Philos. Mag. and Ann. T. XI. p. 243.

2 Rob. Boyle leitete schon das Schmelzen von der Wärme ab, statt dafs Gassendi und Andere eine Kältematerie annahmen, Cartesius aber dasselbe als eine durch das Eindringen seines zweiten gröberen Elementes erzeugte Bewegung betrachtete. S. Princip. phil. nat. P. IV. prop. 48 und Meteor. C. 1. §. 7. Musschenbroek hielt umgekehrt das Gefrieren für eine Folge des Eindringens einer feinen Materie. S. Introd. §. 1504.

Digitized by Google

ustand der Körper bedingt, müsste eigentlich jener Ueber-
von der Starrheit zur Flüssigkeit und dann weiter
Gasform allgemein bei allen Körpern statt finden, allein
giebt deren viele, namentlich unter den nach feineren
mannigfach modificirten Anziehungsgesetzen gebildeten
mischen Substanzen, welche den einen dieser Zustände
springen und durch den Einfluſs der Wärme unmit-
ar aus der Starrheit zur Gasform durch Zersetztwerden
rgehn. Darf ferner aus anderweitigen Erscheinungen ge-
lossen werden, daſs die Molecüle der Körper wesentlich,
auch in Beziehung auf jene ihnen inwohnenden Kräfte,
chieden sind, so müssen auch ungleiche Wärmemengen ei-
Uebergang derselben von der Starrheit zum Zustand der
ssigkeit und Gasform zu erzeugen vermögen, ohne daſs wir
ch wegen Mangels einer genaueren Kenntniſs der eigentli-
n Beschaffenheit dieser Molecüle die leichtere oder schwe-
e Schmelzbarkeit der aus ihnen gebildeten Körper theore-
h zu bestimmen vermögen. Gehen wir aber weiter von den
fachen Körpern zu den zusammengesetzten über, so zeigen
h sofort so verwickelte Erscheinungen rücksichtlich ihres
berganges aus dem einen Zustande in den andern, daſs bei
er Betrachtung jede Hoffnung schwindet, die hierbei wirk-
men Gesetze auf die eigenthümliche Beschaffenheit der Mole-
le zurückzuführen. Ueberhaupt ist die Menge und Mannig-
ltigkeit der Phänomene, die sich in dieser Beziehung der Be-
achtung darbieten, so ausnehmend groſs, daſs es vor der Hand
angemessensten erscheinen muſs, die Thatsachen im Einzel-
n genau zu erforschen, das Gemeinsame derselben zusammen-
fassen und die Auffindung allgemein gültiger Gesetze der
ukunft zu überlassen. Zwei Dinge verdienen hierbei vor-
gsweise beachtet zu werden; zuerst der groſse Unterschied
es leichteren und schwereren Ueberganges aus der Starrheit
ur Flüssigkeit, wonach man *leichtflüssige* und *strengflüssige*
Körper unterscheidet, indem einige stets flüssig bleiben oder
ur durch kaum erreichbare Entziehung der Wärme gefrieren,
ndere bis jetzt durch die stärkste Hitze nicht in Fluſs gebracht
urden, und zweitens das sehr ungleiche Verhalten, welches
ch bei diesem Uebergange zeigt, indem einige in merklicher
Stufenfolge erst weich und dann flüssig werden, andere plötz-
ich von dem einen Zustande in den andern übergehn, einige

Digitized by Google

hierbei eine Vermehrung, andere eine Verminderung ihres Volumens zeigen, anderweitiger Verschiedenheiten nicht zu gedenken. Im Allgemeinen ist übrigens noch zu berücksichtigen, wenn es sich um den Gefrierpunct und den *Schmelzpunct* handelt, das heifst, um die scharfe Bestimmung derjenigen Temperatur, bei welcher der Uebergang aus dem flüssigen in den festen Aggregatzustand erfolgt oder umgekehrt, dafs beide zwar der Natur der Sache nach zusammenfallen müfsten, der Erfahrung gemäfs aber meistens dieses nicht zu thun scheinen. Allerdings giebt es verschiedene Körper, welche durch Wärme weicher und zunehmend weicher werden, so dafs sie, dem Zustande der Starrheit nicht gemäfs, sich biegen, kneten und formen lassen, mithin aus dem festen in einen weichen, halbflüssigen und endlich eigentlich flüssigen Zustand übergehen, wie dieses namentlich bei den Fetten, dem Wachse, den Harzen und andern, aber auch beim Eisen und Platin der Fall ist, welche sich daher in diesem Zustande der Weichheit auch vereinigen, die Metalle sich schweifsen lassen; Zinn wird vor dem Schmelzen brüchig und locker, und so giebt es noch sonstige einzelne Modificationen. Handelt es sich aber um die Erfahrung, wonach der Gefrierpunct und der Schmelzpunct solcher Körper, wobei die genannten Erscheinungen fehlen, nicht genau zusammenfallen, ja nicht selten scheinbar um viele Grade von einander abstehn, so liegt die Ursache hiervon in dem Umstande, dafs bei dieser Formänderung allezeit Wärme latent oder frei wird, welche sich nur schwer trennt oder auch langsam und allmälig aufgenommen wird. Hierauf beruhet die Stillstandsperiode der Erkaltung oder Erwärmung, welche wohl ohne Ausnahme, wenn gleich mehr oder minder auffallend, beim Uebergange aus dem einen in den andern dieser Zustände eintritt (§. 497). Am auffallendsten zeigt sich dieses bei dem bekannten Verhalten des Wassers, welches sich bis tief unter seinen Gefrierpunct erkälten läfst, dann durch Bewegung sogleich zum Theil gefriert und bis 0° steigt. Despretz[1] bemerkt daher mit Recht, dafs man den Gefrierpunct eines Körpers eigentlich in diejenige Temperatur setzen müsse, bei welcher die bewegte Flüssigkeit zu gestehn beginnt und bei welcher sie dann beharret, bis sie gänzlich fest geworden ist. Die dann gefundene

1 Poggendorff's Ann. XLI. 493.

Digitized by Google

mperatur ist zugleich auch die des Schmelzens. Salzlösungen
d überhaupt solche Verbindungen, bei denen eine Trennung
: schwerer gestehenden Antheile von den leichter gefrieren-
ı statt findet, wie dieses namentlich bei Auflösungen im
asser, aber auch bei Metalllegirungen der Fall ist, machen
rvon eine Ausnahme, was DESPRETZ nicht gehörig gewür-
;t zu haben scheint; denn wenn bei Salzsolutionen die Aus-
eidung eines gesättigten Antheils durch Bewegung gehindert
rd, so kann das Gefrieren weniger leicht erfolgen; auch erzählt
ORESBY, dafs die Oberfläche des Meeres vor der Bildung ei-
: dünnen Eisdecke, die durch nachfolgende Bewegung sofort
kleine Stückchen zerbrochen wird, momentan als ganz
üg erscheine. Sehr richtig aber bemerkt DESPRETZ[1], dafs
e gelinde Bewegung die Theilchen leichter in diejenige
ge bringt, worin sie die stärkste Attraction ausüben, und
ıer das Gefrieren sowohl des reinen, als auch des salz-
tigen Wassers mehr befördert, als eine heftige, die es sogar
hindern vermag. Sind die Flüssigkeiten in enge Röhren
geschlossen, so geht ihr Gefrierpunct weit tiefer herab, als
nn sie sich in weiteren Gefäfsen befinden, nach begonnenem
tarren tritt aber sofort der eigentliche Gefrierpunct ein, das
ist, die Flüssigkeit nimmt die diesem zugehörige Tempera-
an.

496) Das *Eis* zeigt bei seinem Uebergange in den tropf-
-flüssigen Zustand und umgekehrt bei der Verwandlung
Wassers in diesen festen Körper so ziemlich alle die
rkwürdigen Erscheinungen, die in Beziehung auf das Schmel-
und Gefrieren Beachtung verdienen, und hat daher stets die
merksamkeit der Physiker vorzüglich in Anspruch genommen.
hin gehört vorzugsweise die Ausdehnung des Wassers vor seinem
twerden, die Entbindung der latenten Wärme bei dieser Ver-
ndlung in einen festen Körper, die Ausdehnung des festen
es bei seinem Entstehn und sein krystallinisches Gefüge.
il aber dem Eise bereits ein eigener Artikel gewidmet worden
[2], so können hier nur einige seitdem hinzugekommene neue
atsachen aufgenommen werden. Diese beziehn sich zuerst auf
Punct der gröfsten Dichtigkeit des erkaltenden Wassers,

---

1 L'Institut. 5me Ann. N. 218. p. 238.
2 S. *Eis*. Bd. III. S. 99.

Digitized by Google

welcher nach den genauesten Untersuchungen (§. 485) bei 3°,9 C. liegt. Inwiefern das Wasser diese Eigenschaft durch Zusatz von Salzen verliert, hatte man bisher hauptsächlich nur bei Seewasser untersucht. Nach der aus meinen Messungen[1] der Ausdehnung dieser Flüssigkeit erhaltenen Formel tritt deren gröfste Dichtigkeit bei — 5°,25 C. ein, was vollkommen mit einer Angabe von Parrot[2] übereinstimmt, wonach die Krystallisation des Seewassers genau bei dieser Temperatur beginnt. Inzwischen ist bereits sehr ausführlich über den Procefs des Gefrierens des *Seewassers* gehandelt worden[3] und es bedarf daher hier nur einiger weniger Bemerkungen.

Insbesondere verdienen die von Despretz[4] angestellten Untersuchungen über das Gefrieren und die Puncte der gröfsten Dichtigkeit der Salzlösungen hier erwähnt zu werden. Nach einem Mittel aus 12 Versuchen gefror Seewasser von 1,0273 specif. Gewicht bei — 2°,55 C. und das Thermometer stieg dabei auf — 1°,84, das Maximum der Dichtigkeit trat aber bei — 3°,67 C. ein und soll von Marcet[5] und Erman deswegen nicht gefunden worden seyn, weil sie dasselbe über dem Gefrierpuncte suchten. Diese Angabe wird auf keine andere Weise erklärlich, als wenn man annimmt, dafs das Seewasser ruhig stehend sich bis unter — 3°,67 erkälten läfst und dabei an Dichtigkeit zunimmt, bewegt aber schon bei — 2°,55 gefriert; denn läge das Maximum der Dichtigkeit ganz eigentlich unter dem Gefrierpuncte, so müfste das eben entstandene Eis schwerer seyn, als das Wasser, was gegen alle Erfahrung streitet.

497) Erman's[6] Untersuchungen, worauf sich die angegebene Aeufserung bezieht, sind diejenigen, welche dieser auf den Wunsch A. v. Humboldt's anstellte, weil es von grofser Wichtigkeit ist, darüber Gewifsheit zu erlangen, ob das Seewasser auf gleiche Weise ein Maximum der Dichtigkeit hat, sofern verschiedene sicher begründete Phänomene hiermit nicht vereinbar seyn würden. Man darf, um sich hiervon zu überzeugen

---

1 Mém. prés. à l'Acad. Imp. des Sc. de St. Petersb. T. I.

2 Physikalische Beob. des Captain Lieutenant Baron v. Wrangel. Berl. 1827. S. 32.

3 S. Art. *Eis* Bd. III. S. 140 und *Meer*. Bd. VI. S. 1690.

4 Ann. de Chim. et Phys. T. LXX. p. 1. Poggendorff's Ann. XLI. 65

5 Dessen Versuche s. Bd. VI. S. 1692.

6 Poggendorff's Ann. XII. 436.

Digitized by Google

igen, unter andern nur einen Blick auf die Tabelle[1] der Tem-
raturen des Meeres in verschiedenen Tiefen wenden, um sich
überzeugen, dafs diese nicht so seyn könnten, wie sie ge-
den wurden, wenn nicht das mit abnehmender Temperatur
nehmend dichter werdende Wasser stets tiefer hinabsänke.
MAN wählte zur Lösung dieses wichtigen Problems die ver-
iedensten bisher angewandten Methoden, und zwar zuerst die
r hydrostatischen Wägungen, wozu ihm eine massive Glas-
gel an einer empfindlichen Wage diente. Aus 21 Bestim-
ngen ergiebt sich, dafs Salzwasser von 1,0270 spec. Gewichte,
o dem Seewasser im Mittel gleich, sich von — 3°,87 C.
10°,725 durch Temperaturvermehrung fortwährend ausdehnt.
ill man die Erkältung bis zu dieser tiefen Temperatur trei-
n, so mufs das Wasser ganz ruhig bleiben, denn von
2°,875 C. an werden die Eisnadeln an den Seitenwandungen
r Gefäfse gebildet; es wird hierbei Salz ausgeschieden, ohne
fs jedoch ein Maximum der Dichtigkeit zum Vorschein kommt.
ägungen mit einem Nicholson'schen Aräometer innerhalb
1°,25 und + 15° C. gaben ganz gleiche Resultate. Bei der
wendung der Hope'schen Methode zeigte das untere Ther-
meter fortdauernd tiefere Grade als das obere, statt dafs bei
fsem Wasser das Gegentheil eintrat. Endlich wandte er eine
r diesen Zweck noch nicht benutzte Methode an, welche
in besteht, die Zeiten des Erkaltens zu beobachten, weil bei
em Wechselpuncte der Dichtigkeiten nach den Beobachtun-
n RUDBERG's (§. 457) ein Stillstand oder eine Verzögerung
Erkaltens eintreten mufs. Wirklich zeigte sich dieses auch
im süfsen Wasser sehr auffallend, indem das Herabsinken
n 6°,25 C. bis 5° nur 40,8 Sec., von 3°,75 bis 2°,5 aber 17
c. und von 2°,5 bis 1°,25 wieder 30 Sec., von 5° bis 3°,75
gegen 208,2 Sec. erforderte. Salzwasser von 1,027 spec. Ge-
cht zeigte aber einen solchen Stillstand selbst bis — 5° C.
ab nicht. Interessante Resultate gab die Anwendung dieser
thode auf minder gehaltreiche Salzlösungen. Bei einer sol-
n von 1,02 spec. Gewichte ging die Erkaltung regelmäfsig
t bis — 1°,5 C., dann aber trat ein lange dauernder Stillstand
, wobei sich am Boden des Gefäfses Eis bildete, wonach
o der dem Maximum der Dichtigkeit zugehörige Stillstand

---

1 S. Art. *Meer*. Bd. VI. S. 1676.

Digitized by Google

mit dem durch die Eisbildung erzeugten unterscheidlich. Indem diese Solution bei daher kein über — 1°,25 C. liegendes Maximum der Dichtigkeit, vielmehr falle dasselbe mit dem Gefrierpunkte zusammen. Bei einer Solution von 1,01 spec. Gewicht dagegen falle das Thermometer lange unterhalb — 2°,5 C., erfahre dann bis — 2°,5, die Eisbildung begann und das Thermometer stieg wieder bis — 0,025, welches für den Gefrierpunct dieser Lösung gelten kann. Hieraus folgt dabei, dass Salzwasser von 1,027 spec. Gewicht kein Maximum der Dichtigkeit hat, denn selbst beim Gefrieren eines Theiles wird Salz ausgeschieden und das Maximum sinke daher herab, wenn die zusammenziehung der Flüssigkeit stets zunimmt. Bei Salzwasser von 1,02 spec. Gewicht findet gleichfalls kein Maximum der Dichtigkeit statt oder es fällt mit dem Gefrierpunkte — 1°,25 zusammen, bei Salzwasser von 1,01 spec. Gewicht dagegen liegt dieses Maximum ungefähr bei 1,875 C.

Diese Angaben sind der angegebenen Aenderung von Despretz zwidrite Exmar[1] seine früheren Versuche, ohne jedoch einen Fehler in den angestellten Berechnungen zu entdecken. Anderen Versuchen, die mit einem dem früheren ähnlichen Instrumente abermals eine Verzeichnisse an, die er jedoch nur von — 1°,475 bis 23°,44 umfassten und mit den Wegern in den Gefässen mit Wasser von 0° bis fast 28° C. vergleicht, bei letzteren zeigte sich deutlich das Maximum der Dichtigkeit bei der Salzsolution von 1,027 spec. Gewicht; zwar keine Andeutung davon zu entdecken. Dieses zeigte schon die Uebersicht der gemessenen Gefässe; es ging aber noch augenfälliger aus der alle Bedingungen und Correctionen einschließenden Berechnung hervor, denn die Differenzbeobachtungen des Maximum der Dichtigkeit nach den beobachteten Werthen für zur imaginäre Werthe, was auf das Fehlen eines solchen Maximums deutet[2]. Exmar vermuthet daher mit Recht, die

1 Poggendorff's Ann. XLI. 72.

2 Nach der aus meinen Versuchen S. 467 gefundenen Regel hat das Seewasser allerdings einen Punct der größten Dichtigkeit, aus theoretischen Gründen mehr Wahrscheinlichkeit für sich besitzen die wesentlichen Eigenschaften des Wassers durch solches Salzes nicht geändert werden. Wenn aber die Temperatur des Maximum der Dichtigkeit einer den Gefrierpunct nicht ändernden Salzlösung ist nur eine relative Bestimmung aus angegebenen Gründen und

RETZ durch die beginnende Eisbildung im Salzwasser ge- t worden sey und ein Gemenge aus Eis und flüssiger salzlösung specifisch leichter gefunden habe, als die Flüs- t, aus welcher dieses entstanden war.

198) Wenn gleich die durch DESPRETZ erhaltenen Resul- ber die Anwesenheit eines Maximums der Dichtigkeit bei lutionen und über ihren Gefrierpunct etwas verdächtig n, sofern man wohl als erwiesen annehmen kann, dafs anfängliche Entstehung des Eises, zwischen dessen Theil- eine concentrirtere Lösung zurückblieb, übersehen habe, nicht blos ERMAN's eben mitgetheilte Erläuterungen, son- auch PARROT's frühere Versuche[1] genügend darthun, so nen dennoch die Ergebnisse seiner zahlreichen Versuche onstigen Auflösungen verschiedener Salze im Wasser[2] mitgetheilt zu werden, aus denen im Allgemeinen hervor-

t sicher, noch weniger ist dieses aber in Beziehung auf den Ge- nct der Fall, welcher durch das Ausscheiden des Salzes bedingt Dieser Umstand verdient sehr beachtet zu werden, denn es ist kaum möglich, die verschiedenen, durch Versuche und Beobach- erhaltenen Resultate über den Gefrierpunct und die Tempera- r gröfsten Dichtigkeit des Seewassers unter sich zu vereinigen mit der Theorie in Einklang zu bringen, obgleich die genaue elung der Wahrheit bei einer so einfachen Aufgabe nichts we- als schwierig zu seyn scheint. Nach meinen Versuchen und der erhaltenen Formel ist die Temperatur des Seewassers bei sei- öfsten Dichtigkeit = — 5° C. Steht der Genauigkeit dieser Be- ng gleich der Umstand entgegen, dafs die Formel bis zur vier- tenz der Temperaturen ausgedehnt ist, wie oben §. 484 bemerkt so kann doch die Abweichung nicht grofs seyn, wenn man die n, auf gleiche Weise erhaltenen, Resultate berücksichtigt. Der l an Uebereinstimmung mit der Erfahrung wird aber leicht er- h, wenn man berücksichtigt, dafs die nach der Formel gefundene ratur für das Maximum der Dichtigkeit dann statt finden würde, das Mischungsverhältnifs der Salzsolution unverändert bliebe, in m Falle sie bis — 5° C. erkältet bei dieser Temperatur am dich- seyn und sofort gänzlich gefrieren würde. Dieses wird aber die inzwischen erfolgende Ausscheidung des Salzes gehindert, er die Formel jedoch keine Auskunft geben kann. Jenachdem Ausscheidung des Salzes leichter erfolgt, trifft das Gefrieren eine nend minder gesättigte Solution und der Gefrierpunct rückt öher hinauf, woraus dann die ungleichen Bestimmungen des Ge- netes erklärlich werden.

G. LXVII. 144 ff.

Ann. de Chim. et Phys. T. LXX. p. 1. Poggendorff's Ann. XLI. 66.

Digitized by Google

geht, daß durch Vermehrung der aufgelösten Salzmenge auch das Maximum der Dichtigkeit, als auch der Gefrierpunkt des reinen Wassers tiefer herabsinkt. Hierbei versteht sich von selbst, daß in den Fälle, wenn das Maximum der Dichtigkeit einer tieferen Temperatur entspricht, als wobei der Gefrierpunkt liegt, die Lösung sich auf gleiche Weise, als das Wasser, um mehreren Graden unter den Gefrierpunkt durch Mischung kalten Salzes, das weiter nichts genügen, nur die Bedingung beibehalten zusammenzusetzen, welche die Menge, die Menge des Wassers, worin die angegebenen Salzmengen gelöst waren, stets 997450 betrug.

Menge der aufgelösten Salze.	Temperatur, bei welcher das Maximum der Dichtigkeit liegt.	Gefrierpunkt.
Salzsaures Natron . .	12346 Th.	+ 1,18 C.	— 7,0
	24692 =	— 1,69 =	— 10,0
	37039 =	— 4,75 =	— 28,0
	74078 =	— 10,00 =	— 57,0
Salzsaurer Kali . .	6173 =	2,04 =	— 1,0
	24692 =	0,06 =	— 3,0
	37039 =	— 2,43 =	— 10,0
	74078 =	— 10,43 =	— 28,0
Schwefelsaures Kali .	6173 =	2,92 =	— 1,0
	12346 =	1,61 =	— 2,0
	24692 =	— 0,11 =	— 5,0
	37039 =	— 2,28 =	— 10,0
	74078 =	— 8,57 =	— 28,0
Schwefelsaures Natron .	6173 =	2,52 =	— 1,0
	12346 =	1,15 =	— 2,0
	24692 =	— 1,54 =	— 5,0
	37039 =	— 4,58 =	— 10,0
	74078 =	— 12,76 =	— 28,0
Kohlensaures Kali . .	37039 =	— 3,05 =	— 10,0
	74078 =	— 12,44 =	— 28,0
Kohlensaures Natron .	37039 =	— 7,01 =	— 10,0
	74078 =	— 17,30 =	— 28,0
Schwefelsaures Kupfer	37039 =	— 0,67 =	— 10,0
Reine Pottasche . . .	37039 =	— 5,64 =	— 10,0
	74078 =	— 15,86 =	— 28,0
Schwefelsäure . . .	6173 =	2,18 =	— 1,0
	12346 =	0,60 =	— 2,0
	18674 =	— 1,03 =	— 3,0
	37039 =	— 5,08 =	— 10,0
	74078 =	— 13,72 =	— 28,0
Alkohol	74078 =	2,30 =	— 28,0

Ganzen ersieht man hieraus, dafs das Maximum der Dich-
keit des Wassers durch Zusatz von Salzen, Säuren und Al-
iol bei zunehmender Menge der letzteren stets zu niedrigern
nperaturen weiter hinabrückt, und zwar bei einigen Sub-
nzen mehr, bei andern weniger, Margarinsäure dagegen. Oel-
re, Stearinsäure, Olivenöl, Cetin, Paraffin und Naphthalin
ten sich fortdauernd zusammen, ohne ein Maximum der
htigkeit zu zeigen.

Hiermit stimmen im Ganzen die Resultate überein, welche
LLANI[1] erhalten hat, unter denen sich sehr viel Bekanntes
et, weswegen ich nur Weniges heraushebe. Eine concentrirte
ung von schwefelsaurem Natron in Wasser erkaltet in Ruhe
selbst mehrere Grade unter 0, Erschütterung aber oder das
einbringen eines kleinen Krystalls oder eines sonstigen
kenen Körpers bewirkt augenblickliche Krystallisation un-
fühlbarer Wärmeentwicklung und Vermehrung des Volu-
s; Letzteres zeigte sich, als die Flüssigkeit in einem Kol-
mit engem Halse krystallisirte und das Volumen von 1000
1023 wuchs, ohne Aufsteigen von Luftblasen. BELLANI
bt, die Raumvermehrung sey Folge davon, dafs das Wasser
als Eis in dem Salze befinde, was wohl keiner Wider-
ng bedarf. Schwefelsaure Thonerde läfst sich gleichfalls
erkälten, und beim Krystallisiren erfolgt Vermehrung des
umens; bei Salpetersolution ist letztere nicht wahrnehmbar,
h ist der Einflufs des Erkaltens, so wie die Zusammen-
ung des Glases, nicht berücksichtigt. Eine Lösung von
lferammoniak in Wasser mit einem Zusatz von 0,1 Alkohol
stallisirte bei — 10° C., ohne dafs die Flüssigkeit gefror,
ittigter Kampferspiritus widerstand noch gröfserer Kälte
zeigte dann keine Volumensvermehrung[2]. Sächsisches
holöl, schwach rauchend, von 1,840 spec. Gewicht, gefror
bei 0°, zerflofs aber gestanden erst bei 11°,25; verdünntes
1,78 spec. Gewicht schmolz bei 8°, beide mit Vermin-
ng ihres Volumens, und zwar war diese Zusammenziehung bei

---

1 Brugnatelli Giorn. di Fisica, Chim. cet. Bim. 3 e 4. T.X. Dar-
in Wiener Zeitschrift Bd. III. S. 481. Eine frühere Abh. dessel-
findet sich ebend. Bd. VI.

2 Sollten diese beiden Versuche eigentlichen Werth haben, so
ten die Thatsachen genauer bestimmt und die Nebenbedingungen
schieden seyn.

Digitized by Google

dem verdünnten am gröfsten. Radicalessig liefs sich bis 10° und noch tiefer erkälten, ohne zu gestehn, sein eigentlicher Krystallisations- und Schmelzpunct soll aber bei 21°,25 liegen und keine Audehnung, vielmehr eine Zusammenziehung desselben hierbei statt finden. Die Flüssigkeitsgrenze des Olivenöls setzt Bellani auf 5°,25, ferner die des Stearins auf 21°,25, des Oleins auf — 5°; beide vereint können bedeutend erkalten, ohne zu gestehn, vorzüglich wenn sie vorher stark erhitzt waren, und unter keiner Bedingung findet eine Ausdehnung derselben durch das Gefrieren statt.

Ueber die bekannte Ausdehnung des entstehenden Eises sind neuere und aus dem Grunde werthvolle Versuche angestellt worden, weil aus ihnen hervorgeht, dafs die Kälte, in welcher das Eis seine enorme Kraft ausübt, nicht eben sehr intensiv seyn mufs und dabei eine gänzliche Erstarrung des gesammten Wassers nicht erfordert wird[1]. Im Arsenal zu Warschau wurde eine eiserne Bombe mit Wasser gefüllt, durch eine eiserne Schraube verschlossen und einer Kälte von — 6°,11 C. ausgesetzt, worauf sie nach 7 Stunden so zersprengt wurde, dafs das eine Stück 10 Fufs, das andere 7 Fufs weit fortgeschleudert war, ungeachtet die Dicke der Eiskruste nur 6 Lin. betrug. Eine andere Bombe zerborst in einer Kälte von — 2°,22 C., eins der Stücke flog bis 4 Fufs weit, und die Eiskruste betrug nur 13 Linien. Vauquelin[2] liefs Auflösungen sowohl von Salpeter, als auch Salmiak und Glaubersalz in Kugeln mit engeren Röhren krystallisiren und fand, dafs sie mit starker Gewalt aus einander gesprengt wurden; als Marx[3] diese Versuche wiederholte, fand er das Resultat nicht bestätigt, vielleicht weil die Solutionen einen verschiedenen Grad der Concentration hatten.

499) Behalten wir bei den übrigen nachträglichen Bemerkungen über das *Eis* die in diesem Artikel durch Horner befolgte Ordnung bei, so läfst sich an das, was dort über die Bestimmung der *Krystallform* desselben nach Clarke[4] berichtet

1 Biblioth. univ. 1830. Fevr. p. 314. Wiener Zeitschrift Bd. VII. S. 469. Dingler's polytechnisches Journ. Bd. XXXV. S. 355.

2 Ann. de Chim. T. XIV. p. 286.

3 Schweigger's Journ. LX. 12.

4 Trans. of the Phil. Soc. of Cambridge. T. I. P. 11. Bibliothèque univ. T. XXVIII. p. 47. Edinb. Philos. Jour. N. IX. p. 213.

Digitized by Google

orden ist, noch Folgendes anknüpfen. Nach SMITHSON[1] ist dessen rystallform eine doppelt-sechsseitige Pyramide, wie Bergkrystall, it einem Winkel von 80° an der Vereinigung beider Pyra- iden. Die Spitze der einen Pyramide ist abgestumpft, und bemerkt hierbei, dafs solche Krystalle nach HAUY durch Wärme elektrisch werden. Am genügendsten ist wohl diese Aufga- durch BREWSTER[2] behandelt worden, welcher schon früher mittelt hatte, dafs das Eis ein das Licht doppelt brechender örper sey, von einer einzigen optischen Axe, welche senk- cht gegen die Fläche des auf ruhigem Wasser gebildeten Eises che. Hieraus folgert er, dafs dasselbe entweder zum rhom- ëdrischen oder sechsgliedrigen oder viergliedrigen Krystalli- tionssysteme gehöre, und es gelang ihm, hierüber bestimmter ntscheiden zu können. Am Morgen nach einer kalten Nacht hielt er aus einem runden Wasserbassin, welches gegen jede ewegung der Luft durch eine steinerne Brustwehr geschützt ar, eine sehr dünne, gänzlich blasenfreie und vollkommen rchsichtige Eisplatte, und freute sich, bei näherer Unter- chung die dreiflächigen Spitzen zweier sehr stumpfen Rhom- ëder zu entdecken, die sich über die Fläche erhoben. Als e Eisplatte dem polarisirten Lichte ausgesetzt wurde, zeigte e in der gegen ihre Fläche lothrechten Richtung das positive naxige System der Ringe. Eine Messung der Winkel war möglich wegen der Wärme des Tages und der zu grofsen ntfernung von dem Hause, wohin es gebracht werden mufste. ie beschriebene Krystallisation glich genau einigen Exemplaren on HAUY's *Chaux carbonatée basée*, die BREWSTER sah, auf ren ebener Oberfläche mehrere abgestumpfte Spitzen von alkspath-Rhomboëdern mit ihrer Axe lothrecht gegen die läche der Platte gebildet waren. Die Mannigfaltigkeit der ruppirung dieser Krystalle zeigt sich vorzüglich in den *Schnee- öcken*[3] und in den blumigen Gebilden auf Fensterscheiben, elche einzeln zu untersuchen ins Unendliche führen würde[4].

---

1 Annals of Philos. New Ser. 1823. Mai p. 340. Vergl. Berzelius ahresber. 1825. S. 75.

2 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XXII. p. 245. Poggendorff's nn. XXXII. 899.

3 Vergl. *Schnee*. Bd. IX. S. 556 und die dazu gehörigen Tafeln.

4 Vergl. HESSEL's Bemerkungen in Kastner's Archiv. Bd. X. S. 99. Die ungleiche Wärmeleitung der Glasscheiben kommt bei diesem

Digitized by Google

Ein kürzlich von mir beobachtetes, gewiß nicht seltenes, Phänomen war, daß, wenn einer kalten Nacht in einem warmen Zimmer die Fensterscheiben überall mit Wasser stark beschlagen waren, welches sich beim Abwischen in einen nur mit Mühe wegzuschaffenden undurchsichtigen Ueberzug von Eis verwandelte. Durch den Einfluß sehr intensiver Kälte erzeugte sich im Wasser schnell eine Menge Eiskrystalle, zwischen denen die noch nicht gefrornen Theile verbreitet und zu dampfen sen sind, daß das Ganze eine wenig durchsichtige, homogene schleimige Masse bildet, derjenigen sehr ähnlich, die man erhält, wenn man Wasser mit Stärke von schneidendem Schleim in einem Infuseen Medicinglase nach dem Sieden schüttet und beim Oeffnen des Glases plötzlich krystallisiert (§. 53). Letztere Substanz, wo wie überhaupt das Krystallisiren, ist gleichfalls unter die Processe des Gefrierens gerechnet worden, es findet dabei nicht der wesentliche Unterschied statt, daß in der Bildung der Krystalle diese sich von dem homogenen Menstruum trennen, beim Gefrieren aber homogene Massen aus dem Zustande der Flüssigkeit in den der Festigkeit übergehen, wenngleich auch jenen kein Gefriergrad anhängt, der Aehnlichkeit beider Processe, namentlich des Gestehens der Glasbereitung und des Gefrierens des Wassers, beruhet der Mich auf der Eigenthümlichkeit, daß in beiden Fällen in einer Masse verneinen Krystalle in ihren Zwischenräumen Flüssigkeit eingeschlossen enthalten, die beim Wasser später gefriert, als in den verwandelt wird und dann die Krystallisation noch fortdauert. Am deutlichsten geschieht dieß beim Wasser, wenn Wasser im Infuseen Raume gefriert, namentlich bei den Versuchen mit dem *Argyphorus* (§. 962), und hiermit erklärt sich leicht die bekannte Ausdehnung des gefrierenden Wassers, die auch die ungleiche Größe derselben im Baconeisen, wie nicht minder der Umstand, daß auch selbst in dem im Vasen gebildeten Eise kleine Bläschen zeigen, die deutlich erkennen, daß die schon gebildeten Krystalle durch die neu entstandene

Processe gleichfalls in Betrachtung. Legt man an die Aufsenseite einer Fensterscheibe im Winter eine Metallplatte an, so wird sie an dieser Stelle nicht mit Eis bedeckt, weil das Metall die Wärme schnell nach Canna in sich zieht, T. I. p. 230, ist aber inwendig damit bedeckt, weil sie der Niederschlag hindert, ob auf dem Glase nach Baer Transl. T. IV. p. 66.

n gröfsere Räume ausgedehnt werden, als das zwischenbefind-che Wasser auszufüllen vermag, oder dafs die durch das Ge-ieren frei werdende Wärme Dampfbläschen bildet, welche urch das nachher entstehende Eis umschlossen werden. So nd unter andern Bellani[1] bei seinen ausführlichen Unter-uchungen über die Erscheinungen des Gefrierens in 6 Ver-uchen das specifische Gewicht des Eises zwischen 0,885 und ,910, wie auch nicht minder die beträchtliche Ausdehnung esjenigen, welches aus luftfreiem Wasser nach wiederholtem tarken Auskochen in einer Glasröhre gebildet wurde, was als eweis gegen Homberg's[2] Ansicht gelten kann, nach welcher ie Ausdehnung eine Folge der aus dem Wasser entweichen-en Luft seyn soll. Dafs auch in solchem Eise, welches im acuum entsteht, kleine Bläschen erzeugt werden, beobachtete agnard-Latour[3], als er Wasser in kleinen Wasserhäm-ern gefrieren liefs; es versteht sich aber von selbst, dafs das is um so viel klarer ist, je reiner das Wasser war, woraus es ebildet wurde, und je weniger Bläschen sich darin befinden, enn letztere machen es undurchsichtiger[4]. Eine höchst merk-ürdige Erscheinung bleibt stets die Zusammenziehung des Vassers bis zum Maximum seiner Dichtigkeit und dann die eginnende Ausdehnung desselben bei zunehmender Kälte, die is mehrere Grade unter den Gefrierpunct bei vollkommener uhe fortgeht. Das plötzliche Gefrieren eines Theiles oder bei reichter sehr starker Kälte des Ganzen, was jedoch nur Täu-chung ist, sofern der noch nicht erstarrte Antheil des Wassers wischen den Eiskrystallen mechanisch festgehalten wird und st später allmälig unter fortdauernder Ausdehnung der bereits starrten Masse gefriert, läfst sich leicht aus der Analogie mit em Krystallisationsprocesse im Allgemeinen erklären. Unrichtig eschah dieses durch Holmann[5] und Kraft[6], welche glaub-en, es sey das plötzliche Gefrieren eine Folge der von aufsen inzukommenden Wärme, die das Wasser ausdehne und somit

1 Brugnatelli Giornale. T. I. p. 410.
2 Mém. de l'Acad. 1699.
3 L'Institut. VIIIme Ann. N. 318. p. 42.
4 American Journ. of Science and Arts. 1821. Febr. Bibl. univ. T. XIX. p. 248.
5 Gött. gelehrte Anz. 1743. Jan.
6 Comment. Soc. Petrop. T. XIV. p. 226.

Digitized by Google

die dem Eise nothwendige Volumens-Vergrößerung einleite. Seit der Kenntniſs des latenten Wärmestoffs kann kein Zweifel darüber obwalten, daſs dieser sich von den Molecülen des Wassers nicht trennt, obgleich die sensible Wärme abnimmt, und daſs dieselben sich daher nicht zu Krystallen vereinigen können. Dadurch ist aber die unterdem Maximum der Dichtigkeit beginnende Ausdehnung noch nicht erklärt, und mir ist auch keine Hypothese bekannt, die man zu diesem Zweck aufgestellt habe. Die Aufgabe gewinnt dadurch an Schwierigkeit, daſs die zunächstliegende Vermuthung der Entstehung unendlich kleiner Krystalle, obgleich diese sich von selbst aufdringt, aller eigentlichen Stütze ermangelt; denn wenn solche Krystalle auch von geringster Gröſse vorhanden wären, so müſsten sie nach höchster Wahrscheinlichkeit einen Einfluſs auf den polarisirten Lichtstrahl ausüben, was aber nach von Smithson[1] und von mir selbst wiederholt angestellten Versuchen keineswegs statt findet.

Als beiläufige Bemerkung möge hier noch eine Beobachtung erwähnt werden, welche Pontus zu Cahors gelegentlich machte. Dieser lieſs Wasser unter der exantlirten Campane einer Luftpumpe in einer kleinen, 1 bis 2 Centim. hohen Flasche gefrieren, indem er dieselbe durch umgebende, in Aether getränkte, Baumwolle erkältete, und gewahrte dabei einen am Tage sichtbaren Funken, welchen Schweigger[2] für Krystallelektricität erklärt; inzwischen ist das Phänomen noch nicht allseitig genug erforscht worden, um diese Hypothese als genügend begründet zu betrachten, da ohnehin das eigentliche Wesen der Krystallelektricität wohl noch nicht vollkommen festgestellt worden ist.

500) Horner[3] hat in einem eigenen Abschnitte die Entstehung des *Grundeises* (Glace du fond; *Ground Ice;* im südlichen Schottland *Lappered-Ice*) abgehandelt, die er mit Recht eine anomale Eisbildung nennt. Obgleich das Wasser der Natur der Sache nach nur an der Oberfläche gefriert, an den Seiten und am Boden aber nur in solchen Gefäſsen, die

1 Ann. of Philos. New Ser. 1823. p. 240. Berzelius Jahresbericht 1825. S. 74.

2 Dessen Journal Th. VIII. S. 294.

3 S. Art. *Eis.* Bd. III. S. 127.

Digitized by Google

e Wärme gerade von hier aus so schnell an die äufsere Um-
bung abtreten, dafs das bis zu 0° erkaltete und dadurch
ecifisch leichter gewordene Wasser nicht aufsteigen kann,
ndern durch Adhäsion an den Wandungen fest gehalten und
rch schnelle Entziehung der Wärme in Eis verwandelt wird,
gleich also diesemnach am Boden der Flüsse, der Seen und
s Meeres kein Eis entstehen kann, die Physiker daher die so
t aus der Erfahrung gefolgerte Existenz des Grundeises in
rede stellten und die darüber vorhandenen Beobachtungen
f anderweitige Weise zu erklären suchten, so ist doch wohl
s wirkliche Vorhandenseyn des Grundeises aus den bereits
gebrachten Thatsachen hinlänglich erwiesen[1] und dessen Ent-
hung genügend erklärt; inzwischen haben unterdefs bedeu-
ide Gelehrte dieses Problem einer weiteren Untersuchung un-
worfen, und die Resultate ihrer Forschungen verdienen da-
r hier nachträglich erwähnt zu werden. Dahin gehört vor-
gsweise eine ausführliche, sowohl ältere als auch neuere
fahrungen und Hypothesen berücksichtigende Untersuchung
n Arago[2], woraus wir einiges, noch nicht erwähntes, ent-
hmen.

Zuvörderst wird das wirkliche Vorkommen des Grundeises
rar als erwiesen angenommen, keineswegs aber die Erklärung
ines Entstehns als genügend begründet, weswegen der Haupt-
reck darauf gerichtet ist, die bekannten Thatsachen möglichst
llständig zusammenzustellen; wobei man jedoch bald erkennt,
fs die von Horner gegebene Erklärung als der Sache ange-
essen erscheint. Dieses geht besonders aus den Beobachtun-
n hervor, welche Knight[3] bekannt gemacht hat. Das Flüfs-
en Teme in Herfordshire ist zum Behuf einiger Mühlen
rch eine Schleuse aufgestauet und bildet hinter dieser ein
fseres Becken. Nach einer sehr kalten Nacht sah man in
m Wasser, welches über das Wehr herabstürzt, Millionen
wimmender Eisnadeln, die hervorragenden Steine in dem

1 Merian's Abhandlung über diesen Gegenstand findet man auch
Edinb. Phil. Journ. N. XXV. p. 125 und Steenke's Beobachtung
r schwimmenden Ketten in Edinburgh New Phil. Journ. N. XXIX.
193.

2 Annuaire pour 1833. p. 244. Poggendorff's Ann. XXVIII. 204.
linb. New Phil. Journ. N. XXIX. p. 123.

3 Philos. Trans. T. CVI.

Digitized by Google

engen Canale des Flusses entwuhlt der Schlamm von der mit einer silberweißen Kruste überzogen, die bei näherer Untersuchung aus zusammengeschossenen, sich nach allen Richtungen durchkreuzenden Eisnadeln besteht und der ersten an Mächtigkeit des Eises gleichkommt, während sich der Oberfläche nur an einigen ruhigen Stellen des Ufers gewöhnliches compactes Eis nicht ausgesetzt hatte. Am 11ten Febr. 1846 nahm die Eisdecke — auf Vergrößerungsglas — an Stärke zu; der Boden des Kehl heißt den Boden des Rheins mit Eis bedeckt, welches sich gegen 10 Uhr Morgens deutlich und fortschreitend, so wie mehr Eisbrockenmassen sich nur an hervorragenden Steinen ansbildet. Nahe schauderhafte Beobachtungen über dieses Phänomen hat Hrn.[1] mitgetheilt. Am 16ten Febr. 1827 sah er bei drei aufeinander folgenden Wasser eine Menge Eisstücken vom Boden des entstehen und aufsteigen, ganz mit dem Stromsinnmassen, wo Hales hierüber in Beziehung auf die Themse berichtet. Am 7ten Januar 1827 — 5°,7 unter 0 — sah er, daß sich der Boden der Oberfläche des Flusses 2°,1, am Brückenbogen, wo mit kein Eis bildete, 3° und am Boden, von wo die Eis stiegen, 0° C. Beobachtungsreihe sah nur an Hermometer, Stunden in Nacht das Thermometer bis — 14° C. herabgegangen war, daß der Fluß in seiner Mitte mit Eis ging, ohne daß sich solches an den Ufern angesetzt hatte. Am folgenden Abende hatte sich mehrere Eisinseln, deren am folgenden Tage 23 entstanden eine von 100 Fuß Durchmesser, alle aus einer 2,5 bis 4 Zoll dicken compacten Eisdecke bestanden, die auf einer noch 4 Zoll dicken Eisdecke bestanden, die auf einer noch 4 Zoll dicken Eisdecke bestanden, die auf einer noch 4 Zoll dicken

n und hervorragenden Holzstücken; das Wasser hatte an der berfläche und am Boden 0° Wärme, auch sah FARGEAU un- seinen Augen solche Stücke emporkommen und als Treibeis rfliefsen; desgleichen sagte ihm der Besitzer eines Hammer- erkes in den Vogesen, dafs er das Bette seines Baches alle hre von Steinen und sonstigen Hervorragungen befreien lasse, n das Entstehen des Grundeises zu verhüten. DUHAMEL liefs Februar 1830 das Eis der Seine zwei bis drei Fufs vom fer durchbrechen, und fand am Boden eine 4 Centim. dicke isschicht, die Temperatur des Wassers war aber überall = 0° C.

Nicht ohne Interesse ist der Ueberblick der verschiedenen heorieen, die man über dieses Phänomen aufgestellt hat. Nach m Volksglauben der Fischer, sagt ARAGO, wird das Grund- s durch die erkältende Eigenschaft des Mondes gebildet und rch die Sonnenstrahlen emporgezogen. Nach einer andern klärung[1] soll Wärme durch heftige Bewegung entstehn, und die Flüsse an der Oberfläche am stärksten strömen, so mufs endaselbst die Wärme am gröfsten seyn, am Boden aber am ingsten, wodurch das Eis entsteht und durch die sich ent- ndende Luft emporgetrieben wird. Dafs man nach NOLLET e Existenz des Grundeises ganz in Abrede stellte und die hatsachen aus Eisschollen, durch kleine Flüsse zugeführt oder den Ufern bei ungleichem Wasserstande gebildet, zu er- ären suchte, ist bekannt, aber ebenso gewifs auch, dafs diese klärung auf die späteren genauen Beobachtungen nicht pafst. enn Mc. KEEVER meint, die Steine und sonstigen Hervor- gungen in den Flüssen hätten ein stärkeres Strahlungsvermö- n und würden dadurch kälter, so läfst sich dieser Hypothese ser andern Argumenten namentlich entgegenstellen, dafs nn das Grundeis auch im ruhigen Wasser entstehn müfste, von kein Beispiel vorhanden ist. Die Erklärung, welche ago giebt, ist folgende. Das Wasser wird an der Ober- iche erkältet und kann im Zustande der Ruhe am Boden nicht frieren, weil es bei 0° specifisch leichter ist, als bei 4° C., eswegen das wärmere herabsinkt; bei bewegtem aber, wenn durch seine ganze Masse bis 0° erkaltet ist, werden sich

1 Observations sur les écrits modernes. T. XXXI. vom Jahr 742.

Digitized by Google

nach dem Verhalten beim Krystallisiren überhaupt an den Hervorragungen die ersten Eisnadeln ansetzen. Hierzu kommt, dafs die stärkere Bewegung an der Oberfläche die ersten entstandenen Krystalle wieder zerreifst, die sich aber in den ruhigen, wenn auch nur verhältnifsmäfsig minder bewegten Schichten über dem Boden zu Massen anhäufen. Inzwischen hält Arago diese Erklärung nicht für genügend, weil noch nicht ausgemacht worden ist, ob das Grundeis sich blofs dann bildet, wenn die Wärme der ganzen Wassermasse auf 0° C. herabgegangen ist, und man noch nicht weifs, welche Rolle die von Knight wahrgenommenen kleinen, auf der Oberfläche schwimmenden Eiskrystalle bei diesem Processe spielen. Dazu kommt noch die merkwürdige Beobachtung von Hugi. Dieser liefs an der Stelle, wo das Grundeis entstand, Krüge, mit heifsem und mit kaltem Wasser gefüllt, in die Tiefe hinab und fand beim Heraufziehen die ersten mit einer zolldicken Eiskruste umgeben, die andern frei; auch gaben heifse und kalte Kugeln, in Zeuge gewickelt und herabgelassen, dieselben Resultate. Diese Versuche müssen durchaus wiederholt werden, um die hierbei eigentlich einwirkenden Bedingungen genau kennen zu lernen[1].

501) Die hier aufgestellten Ansichten theilt Eisdale[2] nicht ganz. Er bezieht sich auf eine früher von ihm mitgetheilte Nachricht über ein Phänomen, welches übrigens allen Einwohnern von Perth bekannt sey, indem bei jedem plötzlich eintretenden Froste, ehe sich das Eis von den Ufern aus über den Flufs ausbreitet, eine Menge Stücke lockeren Eises an Felsen und hervorragenden Gegenständen am Boden gebildet werden und schnell zu einer solchen Gröfse wachsen, dafs der Strom sie losreifst und mit sich führt. Gegen Arago's Hypothese wendet er ein, dafs hiernach bei jeder Kälte Grundeis entstehn müfste, sobald das Wasser die erforderliche Temperatur erreicht habe, was jedoch der Fall nicht sey, wie sich namentlich bei der strengen Kälte im Winter von 1813 auf 14 gezeigt habe, als der Tay dickes und klares

---

1 Man könnte diese Erscheinung auf das §. 305 u. 518 erwähnte Verhalten der Wärme zurückführen, allein vor jeder Erklärung müssen zuvor die Thatsachen selbst und die dabei statt findenden Bedingungen genau constatirt seyn.

2 Edinburgh New Phil. Journ. N. XXXIII. p. 167.

Digitized by Google

s an den Ufern gehabt habe, ohne irgend eine Spur von undeis am Boden. Dagegen beruft er sich auf die Erfah- ng aller Besitzer von Wasserwerken, die sich hierfür vor- gsweise interessiren, und nach deren Behauptung Grundeis r dann entsteht, wenn ein sogenannter Rauchfrost oder Eis- bel vorangegangen ist. Hierbei fallen die feinen Eisnadeln das Wasser, werden in Folge der Bewegung desselben nicht fgelöst, sondern theilen sich der gesammten Masse mit, küh- n diese bis zum Gefrierpuncte ab und setzen sich dann zu- st an die hervorragenden Steine an. Zur Unterstützung die- r Ansicht führt er eine Aeufserung von Demarest an, wo- ch das Grundeis am leichtesten bei trübem Himmel entstehn ll, wobei er die Trübheit als ein Zeichen vorhandenen Eis- bels betrachtet. Ebenso leitet er die durch Knight beobach- ten kleinen Eispartikeln, welche auf dem Wasser schwam- m, worin sich unterhalb des Wehrs Grundeis bildete, von iem in der Nacht statt gefundenen Eisnebel ab. Inzwischen st sich hierüber weiter nichts sagen, als dafs allerdings die m Eisnebel ins Wasser fallenden kleinen Eisnadeln, wenn ch die ersten derselben geschmolzen werden, dennoch eben rdurch das Wasser bis auf den Nullpunct abkühlen und her die zur Bildung des Grundeises erforderliche Bedingung fördern, ebenso wenig aber läfst sich in Abrede stellen, dafs rch die Wirkung einer intensiven Kälte auf die Oberfläche s Wassers solche feine Eisnadeln gleichfalls gebildet werden issen und der Erfahrung nach auch wirklich entstehn, wo- rch dann die erforderliche Bedingung gleichfalls gegeben

502) Dieser Einwurf findet die vollste Bestätigung durch die chst interessanten Versuche, welche Strehlke an einem me der Spree anstellte. Als nach milder Witterung im Fe- uar 1832 vom 12ten an die Temperatur bei Ostwind und llig heiterem Himmel unter den Gefrierpunct herabging und 14ten Abends — 8°,75 C. erreichte, liefs derselbe einen it Steinen beschwerten Korb, worin sich aufserdem Metall- atten und auch eine durch Holzstäbe festgeklemmte Bürste fand, um 10 Uhr Abends in das Wasser des Canals von ei- m Flosse aus bis zu etwa 3 Fufs Tiefe und 7 bis 8 Fufs ntfernung vom Ufer auf den Boden hinab, und obgleich der himmel in der ganzen Nacht heiter, auch die Oberfläche des

Digitized by Google

Wassers nirgend gefroren war, so war doch um 7 Uhr Morgens der Korb selbst, nebst allen darin liegenden Gegenständen, vorzugsweise aber die Bürste, überall mit Eisnadeln bedeckt. Auf den Zinkplatten mit rauherer Oberfläche, im Verhältnifs zum Kupfer, zeigten sie sich zahlreicher, waren wenig durchsichtig und liefsen sich leicht trennen; auch hingen diesen ganz gleiche Blättchen an Eisnadeln, die sich am Morgen bildeten, und eine Menge derselben schwamm auf dem Wasser. Strehlke setzte die Versuche vom 15ten bis 21sten in jeder Nacht fort, der Himmel war jederzeit hell, die Temperatur der Luft war am 15ten — 8°,5 C. und stieg erst am 20sten Morgens 6 Uhr, auf welche Zeit sich alle Angaben beziehn, bis — 5° C., wobei ausdrücklich bemerkt wird, dafs nach den psychrometrischen Messungen des Directors Arendt der Feuchtigkeitszustand der Luft vom 15ten an zunahm. Hierdurch ist wohl genügend erwiesen, dafs in der Luft gebildete Eisnadeln ebenso wenig als trüber Himmel zur Bildung des Grundeises erforderlich sind, obgleich von der andern Seite beide Ursachen dieselbe der Erfahrung nach nicht hindern, wohl aber die Erzeugung ähnlicher Blättchen, als woraus das Grundeis besteht, bewirken können, hauptsächlich wenn man das anfängliche schwammige, lockere und wenig durchsichtige Eis, womit die Flüsse vor dem Zufrieren in enormer Quantität bedeckt zu seyn pflegen, der herrschenden Ansicht nach für wirklich am Boden gebildetes und statisch aufgestiegenes Grundeis hält, welches sich dann von den vereinten Flocken des in das Wasser gefallenen Schnees oder Eisnebels nicht unterscheiden liefse. Dem Grundeise vollkommen gleichende Eisblättchen sieht man stets in den Eislöchern, die in das Eis der Flüsse gehauen sind und nicht selten in bedeutender Menge zum Vorschein kommen, und falls diese gleichfalls am Boden entstehn und aufsteigen, wie Strehlke annimmt, so veranlafst dieses die interessante Frage, ob Grundeis in den Flüssen auch dann gebildet wird, wenn sie schon mit einer Eisdecke belegt sind, oder ob es sich blofs unter den Eislöchern erzeugt. Eine fortdauernde, der anfänglichen hinsichtlich der Quantität gleichkommende Bildung des Grundeises am Boden der Flüsse ist deswegen nicht wahrscheinlich, weil sonst die Eisdecke durch das stete Aufsteigen desselben eine weit gröfsere Dicke erhalten müfste, als die Erfahrung ergiebt. In Beziehung auf die auf-

Digitized by Google

worfene Frage macht Ayrr[1] die Bemerkung, dafs auf der
Weichsel und Radaune in der Regel offene Stellen (sogenannte
länke) bleiben oder von den Schiffern quer durch das Eis
s Stromes, auch als runde Löcher von den Fischern ge-
uen werden; einige liefs er selbst zum Zwecke der Beob-
htungen herrichten. Die Schiffer behaupten dann, dafs sich
den Fahrstrafsen Grundeis als zersplitterte Massen zeige, die
aber für Bruchstücke des zerschlagenen und unter die feste
ecke geschobenen, vom bewegten Wasser fortgetriebenen Ei-
s zu halten geneigt ist, in den Löchern aber bildet sich nach
iner Erfahrung zwar oft Eis, aber allezeit aus den gewöhn-
hen Eisnadeln, die von den Rändern ausgehn und allmälig
e Oeffnung mit festem durchsichtigem Eise überziehn. Dafs
ihnen Grundeis emporkomme, wie von Einigen behauptet
rd, stellt er in Abrede und glaubt daher, dafs kein Grund-
weiter gebildet werde, nachdem bereits eine feste Eisdecke
standen ist, was man mindestens für das Wahrscheinlichste
ten mufs. Ob das auf der Weichsel und Radaune in grofser
nge oft in einer Nacht gebildete, zuweilen in mächtigen,
auf den Grund hinabreichenden Massen aufgehäufte, zu ei-
festen Decke gefrierende, durch offene oder mit festem
e bedeckte grofse Strecken unterbrochene sogenannte Grundeis
klich auf dem Boden erzeugt sey, bleibt wohl problematisch,
Ayrr nie solches von dem schlammigen Grunde beider
isse durch Stangen losmachen konnte, was hätte geschehn
ssen, wenn es dort vorhanden gewesen wäre.

503) Gay-Lussac[2] ist nicht ganz einverstanden mit der
ch Arago gegebenen Erklärung, welche nach seiner Ansicht
auf beruht, dafs die Erhabenheiten und Hervorragungen den
ystallisationsprocefs von Salzsolutionen einleiten und beför-
n sollen. Allein dieses findet nur dann statt, wenn diese
sungen übersättigt sind, und selbst unter dieser Bedingung
ein plötzliches Hinzukommen solcher heterogener Körper in
ruhige Flüssigkeit erforderlich, denn wenn sie vorher vor-
den sind, kann die Uebersättigung eintreten, ohne dafs sie
Krystallbildung bewirken. Ein solcher Zustand der Ueber-
tigung würde aber beim Wasser einer Erkältung unter den

---

1 Poggendorff's Ann. XXXIX. 122.
2 Annales de Chim. et Phys. T. LXIII. p. 859.

Digitized by Google

Gefrierpunct analog seyn, und letztere kann nicht eintreten, so lange das Wasser in steter Bewegung ist, wie denn auch die Messungen eine Temperatur desselben von 0° C. geben, wenn die Bildung des Grundeises statt findet. Aus diesem Grunde denkt sich Gay-Lussac die Entstehung des Grundeises, dessen Daseyn als unzweifelhaft erscheinen mufs, auf folgende Weise. Wenn namentlich bei plötzlich eintretender Kälte und heiterer, trockner Luft das Wasser überhaupt, insbesondere aber dessen Oberfläche, stark erkaltet, so bilden sich auf letzterer unter Mitwirkung erhöhter Verdunstung kleine Eiskrystalle in grofser Menge, deren Temperatur merklich unter 0° C. hinabgeht. In Folge der steten Bewegung werden diese durch die gesammte Wassermasse verbreitet, lösen sich auf und bringen dadurch die Temperatur derselben auf den Gefrierpunct herab. Nachdem dieses erfolgt ist, werden die fortdauernd gebildeten und unter 0° C. erkalteten Eistheilchen durch die mechanische Gewalt des Wassers in die Tiefe hinabgedrückt und gefrieren durch den Ueberschufs ihrer Kälte lose an den hervorragenden Gegenständen, andere hinzukommende setzen sich aus gleichen Gründen an diese ersteren fest, und so entsteht bald die lockere Masse des Grundeises am Boden des sehr bewegten Wassers, statt dafs sich auf der Oberfläche des minder bewegten Wassers die Eisnadeln vereinigen und hier das schwammige Eis bilden, welches mit gleichem Namen belegt wird[1]. Sind die Eisnadeln sehr erkaltet, haben sie eine grofse Feinheit und lagern sie sich eng zusammen, so dafs das zwischen ihnen befindliche Wasser gleichfalls gefriert, so entsteht hierdurch die feste Eis-

---

1 Wenn dieses lockere Eis der ruhiger fliefsenden Ströme an Stellen gelangt, wo die Bewegung stärker ist, insbesondere in vorhandene Strudel, so kann es in die Tiefe gezogen werden, daselbst an Hervorragungen festsitzen und zu den grofsen, später gefährlich werdenden Anhäufungen dienen, welche Ayrr erwähnt. Nicht schwierig zu erklären ist dann ferner, dafs zwischen den mit sogenanntem Grundeis bedeckten Flächen der Ströme sich bleibend grofse, freie Strecken befinden, denn die Bewegung, namentlich der Oberfläche des Wassers, wird durch die überdeckende Lage Grundeis verzögert, zwischen zwei solchen Lagen ist sie daher schneller, und deswegen werden die gebildeten Eisnadeln der vorderen Lage zugeführt, dringen gröfstentheils unter diese und vermehren deren Dicke, die Stellen aber bleiben offen oder werden durch eine von beiden Lagen ausgehende, allmälig gebildete Decke festen Eises überzogen.

Digitized by Google

nde, welche nicht selten die Steine am Boden der Flüsse um-
ebt. Zur Unterstützung seiner Hypothese giebt Gay-Lussac
lgenden Versuch an. Wenn man Erbsen bis einige Grade
nter den Gefrierpunct erkältet und sie dann in Wasser von
° C. Temperatur wirft, so frieren sie am Boden fest, so dafs
an das Gefäfs umkehren und das Wasser ausgiefsen kann,
ne sie herausfallen zu machen.

Eine gewifs minder befriedigende Erklärung dieses vielbe-
rochenen Phänomens giebt Lazarowicz[1]. Hiernach kann,
ie bekannt, in dem bewegten Wasser das etwas wärmere und
durch specifisch schwerere nicht herabsinken und die ge-
mmte Masse wird daher bis 0° abgekühlt. Die Spitzen rau-
r Körper erkalten dann etwas tiefer, weil sie ihre Wärme
das Wasser abgeben (?), es setzt sich Eis an ihnen an,
lches sich zuerst an den Ufern bildet, dann stets tiefer her-
an allen rauheren Stellen und so fort bis zum Boden der
üsse hinab. Man ersieht aber bald, dafs diese Hypothese
ht allen ausgemachten Thatsachen genügt[2].

---

1 Preufs. Provincialblätter 1836. Juli.

2 Ueber die Eisbildung der Natur im Grofsen, das *Meereis* und
Gletscher, hat Hornen ausführlich gehandelt; er kannte beide aus
ener Anschauung. Ueber die letzteren erwähne ich daher nur eine
handlung von Agassiz in Edinb. New Phil. Journ. N. XLVIII. p.
und eine andere ebend. N. LIV. p. 383. Noch erwähne ich eine
bedeutende und leicht zu erklärende Erscheinung. Beim Wechsel
Thauwetters mit dem Gefrieren oder nach dem anfänglichen Ge-
eren findet man an nassen, schmuzigen Stellen häufig die Fufs-
fen und sonstigen Vertiefungen mit einer dünnen Eisdecke über-
gen, unter welcher das Wasser fehlt. Zerstöfst man diese, so
ngt die Luft mit einigem Geräusche, selbst mit einem Knalle ein,
ie drückt zuweilen so stark auf die Eisfläche, dafs diese mit einem
lle zerspringt; durch eintretendes Thauwetter füllen sich die Höh-
gen wieder mit Wasser. Godard in Lichtenberg's Magaz. Th. I.
1. S. 72 leitet dieses von der Verdünnung der Luft in den Räu-
n des thonigen Bodens ab, in die sich das Wasser hierdurch zu-
kzieht, nachdem sich eine Eisdecke über demselben gebildet hat
d der umgebende nasse Boden durch Gefrieren erhärtet ist; bei
tretender Wärme mufs dann das Wasser zurückkehren. Auch das
bleiben einiger Brunnen in kalten Nächten soll aus dieser Ursache
klärbar seyn.

Den mitgetheilten Hypothesen über die Entstehung des Grundeises
ch eine neue hinzuzufügen oder überhaupt über eine unter ihnen

Digitized by

504) Das *Quecksilber* galt wegen seines tiefliegenden Gefrierpunctes stets für ein überall nicht gestehendes Metall, bis erst gegen die Mitte des letzten Jahrhunderts das Gefrieren desselben bekannt wurde. Eine ausführliche Geschichte der ersten Versuche und Erfahrungen hierüber hat Blagden[1] zusammengestellt, woraus hier das Wesentlichste mit Weglassung der ausführlichen Erzählung von Nebenumständen mitgetheilt werden möge. Zuerst sah Gmelin im Jahre 1734 zu Jeniseisk das Quecksilber seines Thermometers bis — 120° F. herabsinken, was offenbar ein Beweis des Gestehns war, allein wegen der Gewalt des bei ihm herrschenden Vorurtheils, dafs dieses Metall nie in den Zustand der Festigkeit übergehe, glaubte er, es sey hierdurch eine so enorme Kälte gemessen worden, und da auch nachher wiederholt das Nämliche erfolgte, das Quecksilber aber wirklich gestanden zu seyn schien, leitete er dieses von dem Essig her, womit das Quecksilber gereinigt worden war. Einen bedeutenden Schritt weiter kam Braun[2] und constatirte zuerst

bestimmt zu entscheiden wage ich in der That nicht; sie haben sämmtlich Manches für sich und stützen sich alle auf Beobachtungen. Der Versuch mit Erbsen, welchen Gay-Lussac zur Erklärung anführt, würde alle Schwierigkeiten heben, seine Anwendung auf das Grundeis setzt indefs voraus, dafs die Steine und sonstigen Körper am Boden der Flüsse unter den Gefrierpunct des Wassers erkaltet seyn müfsten, was aber nicht erwiesen und nach den allgemein herrschenden Ansichten über das Verhalten der Wärme nicht einmal zulässig ist, denn die Steine und hervorragenden Körper erhalten ihre Wärme vom Wasser und geben sie wieder an dieses ab, welches Letztere nur dann geschehn kann, wenn sie selbst wärmer sind, mithin müfste das Wasser früher als sie unter den Gefrierpunct hinabgehn. Dennoch bin ich geneigt, den hervorragenden Steinen und sonstigen Körpern am Boden der Flüsse eine Mitwirkung bei der Bildung des Grundeises zuzuschreiben. Das Grundeis wird in der Regel während der Nacht gebildet, und so gut als der Erdboden nach dem Schwinden des erregenden Lichtes, namentlich der Sonnenstrahlen, schneller erkaltet, als aus der Strahlung folgen kann, wie hoch man deren Wirkung auch steigern mag, können sich auch die genannten Hervorragungen abkühlen, nachdem sie ihre erregte Wärme anhaltend an das Wasser abgegeben haben. Die Bildung des Grundeises wäre dann ein der Entstehung des Thaues und des Reifes analoger Processs.

1 Philos. Trans. T. LXXIII. P. II. p. 329. Leipz. Samml. zur Physik u. Naturg. Th. III. St. 3 u. 5. S. 347 u. 515.

2 De admirando frigore artificiali cet. Petrop. 1760. 4. Nov. Comm. Petrop. T. XI. p. 268. Addit. et Supplem. ib. p. 302.

Gefrieren dieses Metalls, indem er am 14. Dec. 1759 ein
rmometer in eine Mischung von Schnee und rauchender
etersäure senkte, dasselbe bis — 352° F. herabsinken sah
den Zustand der Erstarrung deutlich erkannte; am 25sten
derholte er den Versuch, erhielt ein ähnliches Resultat, zer-
h dann aber die Kugel und sah das Quecksilber als wei-
Metall, hämmerbar, unelastisch und von dumpfem Klange.
h der Bekanntwerdung dieser Thatsachen wurde die Auf-
ksamkeit der Physiker auf diesen Gegenstand gerichtet, denn
wünschte nun um so mehr den Grad der Kälte zu wis-
, wobei das Gestehn erfolgte. Dieser Bestimmung sich nä-
d beobachtete Blumenbach[1] am 11ten Jan. 1774 das Ge-
n des Quecksilbers in einer Mischung von Schnee und Sal-
k, worin ein Weingeistthermometer — 10° F. (— 23°,33 C.)
te, welche Messung jedoch nach neueren Untersuchungen
t richtig seyn kann. Unterdefs hatte die Societät zu Lon-
dem Gouverneur Hutchins zu Albany-Fort an der Hud-
bai den Auftrag gegeben, in der dortigen strengen Kälte
uche anzustellen, und dieser sah im Januar und Februar
5 zweimal das Quecksilber wirklich gefrieren[2]. Bicker zu
erdam brachte im Jan. 1776 die Kugel des Thermometers
—17° C. äufserer Temperatur in eine kaltmachende Mischung
sah das Quecksilber bis — 70° herabsinken, wobei es ohne
ifel gefroren war, doch glaubte er nur die Oberfläche
lgamartig erstarrt gesehn zu haben, statt dafs Fothergill
dieselbe Zeit bei — 13° C. Lufttemperatur den Versuch
derholte und sich vom wirklichen Gefrieren des Quecksil-
überzeugte.

Alle diese Versuche wurden mit Quecksilberthermometern
stellt, womit man zugleich den Gefrierpunct des Metalls
immen wollte, ohne zu berücksichtigen, dafs dieses wegen
starken Zusammenziehung unmöglich sey, und daher kam
dafs man nach Braun's Versuchen den Gefrierpunct auf
352° F. setzte. Es war daher ein sehr vernünftiger Rath,
Cavendish und Black ertheilten, in das zum Gefrieren
immte freie Quecksilber ein Weingeistthermometer zu sen-
und durch dieses den Gefrierpunct zu bestimmen. Dieses

---

1 Gött. gel. Anzeigen 1774. St. 13.
2 Philos. Trans. T. LXVI. p. 174

geschah in wiederholten Versuchen durch Hutchins[1] zu Albany-Fort im Jahre 1781, woraus sich ergab, dafs der Gefrierpunct nicht unter — 39°,5 C. liegen könne und die beobachteten tieferen Grade als Folge der Zusammenziehung zu betrachten seyen. Eigentlich konnte man dieses schon früher wissen, denn Pallas sah am 6. Dec. 1772 zu Krasnojarsk in Sibirien das Quecksilber durch natürliche Kälte nicht blofs im Thermometer, sondern auch in einem offenen Gefäfse zum festen Metalle erstarren, und als durch einen Nordwestwind das Aufthauen erfolgte, zeigte das Thermometer — 43°,33 C. Ebenso sah auch Laxmann[2] in Sibirien das Quecksilber in natürlicher Kälte gefrieren, worauf Euler und Kraft in Petersburg Versuche anstellten und hieraus folgerten, dafs das Quecksilber gefriere, wenn die Temperatur unter — 37°,5 herabsinke. Wenn es sich aber um eine genaue Bestimmung des Gefrierpunctes des Quecksilbers handelt, welcher dann zugleich der Schmelzpunct desselben seyn müfste, so darf man sich nicht wundern, dafs dieser so verschieden angegeben wird, denn es findet hierbei ohne Zweifel dasjenige statt, was oben (§. 495) bereits erörtert worden ist, sofern dieser Punct in Folge des Freiwerdens der latenten Wärme schwankt und daher höher zu liegen scheint, wenn dem Quecksilber durch natürliche Kälte diese Wärme allmälig entzogen wird, tiefer aber, wenn man dasselbe durch künstliche Mittel schneller zum Gefrieren bringt. So zeigte Guthrie[3], dafs es keineswegs so schwierig sey, bei starker äufserer Kälte das Quecksilber zum Gefrieren zu bringen, und dafs dieses Metall dabei ganz rein seyn könne, was man bis dahin bezweifelt hatte. Als die (oben §. 461) erwähnten Versuche, hauptsächlich von Walker, über die Erzeugung starker Kälte durch Mischungen von Schnee mit Salzen und Säuren bekannt und vielfach wiederholt wurden, gehörte das Gefrieren des Quecksilbers zu den gewöhnlich erzielten Resultaten, woran man die Kraft der angewandten Mischungen zu messen suchte, und bei den besseren gelang dieser Versuch in der Regel ohne grofse Schwierigkeiten selbst

1 Philos. Trans. T. LXXIII. p. 303.

2 Nov. Acta Petrop. T. III. p. 60.

3 Nouvelles expériences pour servir à déterminer le vrai point de congélation du mercure. Petersb. 1785. 4.

Digitized by Google

r Umgebung von mittlerer Temperatur, ohne jedoch eine
rfe Bestimmung des eigentlichen Gefrierpunctes zu geben.
h den hierdurch erhaltenen Erfahrungen setzt man den Ge-
rpunct des Quecksilbers auf — 39° C., und wenn Pouil-
[1] ihn vermittelst seines thermomagnetischen Apparates bei
40°,5 fand, so weicht dieses hiervon nicht bedeutend ab,
fte aber wohl gar die richtigere Bestimmung seyn, da der
ingeist sich mit der abnehmenden Temperatur vermindert
lehnt, mithin die tieferen Grade des Weingeistthermometers
s beträchtlich zu hoch sind. Vergleichen wir hiermit die
n erwähnte höchste Angabe von L. Euler und Kraft,
ach mindestens — 37½,5 Kälte zum Gefrieren des Quecksil-
erfordert werden, so wäre hiernach der Gefrierpunct des
cksilbers zwischen — 37°,5 und — 39° C. des uncorri-
en Weingeistthermometers bestimmt. Der geringe Unter-
ed von 1°,5 C. könnte leicht als eine Folge der gröfseren
geringeren Reinheit des Weingeistes in den gebrauchten
rmometern erscheinen, allein es ist aufserdem eine in die-
Beziehung höchst merkwürdige Erfahrung vorhanden. Ross[2],
bei seinem Winteraufenthalte im nordamericanischen Po-
eere die tiefsten Grade der natürlichen Kälte zu Gebote
den, liefs zur Vermeidung jeder Verunreinigung das Queck-
r in hölzernen Gefäfsen gefrieren und fand dabei, dafs
Gestehn des Quecksilbers früher erfolgte, wenn die nämli-
Masse wiederholt zum Gefrieren gebracht wurde; das fri-
nämlich gestand bei — 39° C., das öfter gefrorene bei
35° C. des Weingeistthermometers.

505) Mit weit geringerer Schärfe lassen sich die Gefrier-
cte der übrigen Flüssigkeiten angeben, denn da sie, aufser
Brom, alle zusammengesetzt sind und man sie daher
t stets von gleicher Reinheit anwendet, so bleibt bei ihnen
e Bestimmung leicht unsicher. Vorzugsweise galt der reine
hol stets als eine jeder künstlichen Kälte widerstehende
igkeit, und es mufste daher auffallen, als Charles Hut-
[3] behauptete und in einer öffentlichen Vorlesung in der

---

1 Compt. rend. 1837. T. I. p. 513. Poggendorff's Ann. XLI. 151.
2 Narrative of a second Voyage in search of the North-West
ge cet. Lond. 1835. 4. App. p. CIX.
3 G. XLVI. 119. Annals of Philos. T. I. p. 221.

Versammlung des Edinburger Institutes wiederholte, dafs es ihm gelungen sey, nach Richter's Methode bereiteten absoluten Alkohol von 0,798 spec. Gewicht bei 16°,67 C., ja sogar von 0,784 specifischen Gewicht bei 19° C. äufserer Temperatur zum Gefrieren zu bringen. Das Verfahren, wodurch ihm dieses gelang und mittelst dessen er sogar alle Gase gefrieren zu machen hoffte, ist nicht angegeben, es läfst sich aber nicht leugnen, dafs Einiges von seiner Erzählung wahrhaft abenteuerlich klingt, z. B. dafs er einzelne Stücke des gefrorenen Alkohols zusammengelöthet habe, wozu er sich einer Stange gefrorenen Quecksilbers oder eines sehr erkalteten Strohhalms bediente, zweier in Beziehung auf diesen Zweck so heterogener Körper, dafs man sich eines Lächelns über ihre Zusammenstellung nicht enthalten kann. Es gehörte aber ein kaum begreiflicher Grad von Dreistigkeit auf seiner Seite und von unbedingtem Vertrauen auf der Seite seiner Zuhörer dazu, dafs Letztere sich alle die wunderbaren Resultate vortragen liefsen, die Ersterer erhalten zu haben behauptete, ohne die drei Bestandtheile, aus denen der absolute Alkohol bestehn sollte und die er sich zu den weiteren Versuchen in gröfseren Quantitäten verschafft zu haben versicherte, auch nur einmal sich vorzeigen zu lassen. Gegenwärtig, nachdem durch die feste Kohlensäure weit tiefere Kältegrade erzeugt werden, als welche Hutton mit den ihm zu Gebote stehenden Mitteln erreichen konnte, ist genugsam erwiesen worden, dafs absoluter Alkohol sich zwar verdickt und also ohne Zweifel auch gefriert, allein in der bis jetzt erreichten Kälte nicht vollständig, und auf jeden Fall findet die behauptete Scheidung in drei verschiedene Flüssigkeiten nicht statt. Dagegen ergiebt sich aus der Zusammenstellung verschiedener Erfahrungen, dafs der Alkohol durch die Einwirkung der Kälte dickflüssiger, gleichsam öhrtig wird, und zwar um so leichter, je gröfser der in ihm enthaltene Antheil Wasser ist. Hierbei müssen wir annehmen, dafs entweder die Kälte einen Theil des Alkohols ausscheidet und dieser die feinen Eistheilchen des Wassers in sich mechanisch verbreitet enthält, oder dafs eine solche Trennung nicht statt findet, vielmehr die unveränderte homogene Masse sich verdichtet und zuletzt völlig gesteht. Die erstere Hypothese ist die bei weitem wahrscheinlichere, denn es ist eine bekannte Sache, dafs durch das Gefrieren des Weines die mehr geistige

Digitized by Google

heile von dem in Eis verwandelten Wasser getrennt werden önnen. Aus leicht begreiflichen Gründen findet diese eigentche Trennung des Wassers als Eis von den geistigeren Theien bei geistigern Mischungen nicht statt, wohl aber eine Veränderung der Fluidität und ein höherer Grad von Dickflüsigkeit. Gewöhnlichen käuflichen Spiritus, dessen man sich im Verbrennen bedient, sah ich selbst[1] bei — 28° C. sich lartig verdicken, und PARRY beobachtete bei seinem Winteraufthalte auf der Insel Melville, dafs stärkster Cognac in einer älte von — 45° C., die auf kurze Zeit bis — 48°,5 herabing, auf dem Verdecke des Schiffes in offenen Gefäfsen Sypsdicke annahm. Diese Verdickung folgt schon aus der arken Zusammenziehung des absoluten Alkohols durch die inwirkung intensiver Kälte, denn nach PARRY's[2] Messungen it Kugeln an Thermometerröhren zieht sich Alkohol von 8156 spec. Gewicht bei 16°,44 C. zwischen 9°,78 und - 38°,5 um 0,000894 seines Volumens für 1° C. zusammen, ydrostatische Wägungen dagegen gaben diese Zusammenziehung r 1° C. zwischen 16°,44 und — 13°,5 beträchtlich gröfser, imlich = 0,001022, was mit den oben (§. 488) gegebenen estimmungen so nahe übereinstimmt, als von unter ganz verhiedenen Bedingungen angestellten Versuchen zu erwarten eht, da noch obendrein die der englischen Physiker nicht rch Rechnung corrigirt sind[3]. MITCHEL[4] erzeugte mittelst ster Kohlensäure die tiefsten Kältegrade und fand, dafs Alohol von 0,798 spec. Gewichte bei — 90° C. dem Oele, bei 8°,9 dem geschmolzenen Wachse glich.

506) Die Gefrierpuncte oder Schmelzpuncte der übrigen, ehr oder minder leicht gestehenden Flüssigkeiten sind in der nten mitgetheilten Tabelle, so weit sie bis jetzt bekannt wurn, aufgenommen, über einige derselben ist aber noch Folendes zn bemerken. Die verschiedenen *Oele* gestehen bei sehr

---

1 Sur la dilatation de l'alcool absolu cet. in Mém. de l'Acad. de tersb. 1834. p. 16.

2 Appendix to Capt. PARRY's second Voyage cet. Lond. 1825. 4. . 260.

3 Die Tabelle §. 488 giebt für 9° C. eine Zusammenziehung von 001069 und für — 38° dieselbe = 0,000686, also im Mittel = 0,000878.

4 Silliman Amer. Journ. of Sc. and Arts T. XXXV. p. 353.

Digitized by Google

ungleichen Temperaturen, gemeines Rübsamenöl schon einige Grade über dem Gefrierpuncte des Wassers, und die fetten Oele theilen die Eigenschaft der thierischen Fette, des Wachses und ähnlicher Körper, dafs sie sich fortdauernd über und unter dem Puncte ihres allmäligen und stets zunehmenden Gestehns zusammenziehn. Feines *Mandelöl* gefror nach Ross[1] bei — 9°,45 C., und erhärtete durch gesteigerte Kälte so sehr, dafs eine bei — 34°,45 daraus geformte Kugel durch ein Bret geschossen wurde. Nach den Versuchen über das Gefrieren verschiedener Flüssigkeiten in tiefer, theils natürlicher, theils künstlicher Kälte, welche Parry[2] auf der Melville-Insel anstellte, gefriert *Sassafrasöl* in offenen Gefäfsen bei — 30°,56 C. gänzlich, in eine Thermometerkugel eingeschlossen wird es aber bei — 40° C. noch nicht fest. Bringt man das gefrorne Oel in eine Temperatur von — 23°,33, so wird ein Theil von glänzend gelber Farbe flüssig, und wenn man diesen abgiefst, so besteht der Rest aus langen weifsen Krystallen von der Form rechtwinkliger Parallelogramme, die auch in 10° C. Temperatur aufbewahrt nicht zerfliefsen; der abgegossene gelbe Theil gefriert durch die angegebene Kälte in kleinen spitzen Nadeln. Dabei bemerkte Parry noch eine unerklärbare Eigenthümlichkeit. Dem Lichte ausgesetzt gefror dieser gelbe Antheil in einer flachen Schale schon bei — 26°,7, im Finstern aber noch nicht bei — 42°,8. Oft blieb derselbe bei — 40° Temperatur mehrere Tage flüssig, gefror aber augenblicklich beim Zutritt des Lichtes. Zur Nachtzeit bei einem glänzenden Nordlichte wurde diese Substanz dickflüssig, wie Honig, ohne Krystallisation, aber diese erfolgte sogleich beim Eintritt des Zwielichtes. Bei *Schwefeläther* will Parry bemerkt haben, dafs schon bei — 24°,5 ein Theil gefroren sey, doch konnte er das Ganze noch nicht bei — 42°,8 zum Gefrieren bringen. Man wird hiernach veranlafst zu vermuthen, dafs der von ihm gebrauchte Schwefeläther verunreinigt seyn mochte, denn Mitchell[3] versichert, dafs der von ihm angewandte durch künstliche Kälte mittelst fester Kohlensäure in — 98°,9 Temperatur

1 Narrative of a second Voyage. App. p. CIX.

2 Appendix to Capt. Parry's second Voyage cet. Lond. 1825. 4. p. 260.

3 A. o. a. O.

Digitized by Google

unverändert geblieben sey. *Schwefelkohlenstoff* veränderte nach PARRY nicht in natürlicher Kälte von — 42°,8 und durch künstliche Kälte konnte er keine Veränderung des- n hervorbringen. Ebendieses war der Fall bei *Chlorzinn; phosphor* dagegen wurde bei — 40° dickflüssig, wie Oel, gefror bei — 43°,9. Die *schweflige Säure* gefror nach HELL bei — 78°,9 und der gefrorne Antheil fiel in dem gen nieder. Im *Salpeteräther* zeigten sich nach PARRY türlicher Kälte von — 43°,33 sehr feine Flocken, wie n, dann nahm er aber in einer durch Alkohol und Schnee gten künstlichen Kälte die Consistenz des Oeles an und gänzlich bei ungefähr — 51° bis — 53° C. Concentrirte *tersäure* gefror durch künstliche Kältemischung bei un- r — 45°,5, verdünnte von 1,26 spec. Gewicht bei — 28°,9. ntrirte Schwefelsäure gefror erst bei — 40°, in zuneh- er Wärme zerfloſs sie aber erst wieder bei — 37°,2; mit älfte Wasser verdünnt gestand sie zum Theil bei — 32°,2, ich aber bei — 34°,5.

507) Es läfst sich hier noch eine in naher Verbindung de Reihe von Versuchen anknüpfen, welche PARRY zu- mit den erwähnten Kälteversuchen anstellte, da ihm die elville herrschende ausnehmend tiefe Temperatur so vor- che Hülfsmittel hierzu darbot. Diese bezogen sich auf die , bei welchen Kältegraden die beim Gefrierpuncte des ers noch expansiblen Gase zur tropfbaren Flüssigkeit über-

Schwefligsaures Gas verdichtete sich bei — 32°,2 zu weifsen Flüssigkeit, die Verdichtung nahm zu, als die tung bis — 40° herabkam, und die entstandene Flüssigkeit tropfenweise an den Wandungen des Gefäfses herab, auch n einige Tropfen einer glänzenden orangefarbenen Flüs- t erzeugt. Diese Resultate sind auffallend, denn da der punct dieser Säure bei — 10° C. liegt, so mufs sie auch dieser Temperatur tropfbar-flüssig werden, ohne der so iven Kälte von — 32°2 zu bedürfen, es sey denn dafs sie rer gewöhnlichen Bereitung einem stärkeren Drucke ausgesetzt n wäre, welcher ihren Uebergang zum tropfbar-flüssi- ustande beschleunigen könnte. Da nicht angegeben ist, elche Weise die von PARRY angewandte Säure bereitet , so bleibt ungewifs, ob dieselbe allezeit von gleicher affenheit ist, jenachdem man verschiedene Methoden der

Digitized by Google

Bereitung wählt. *Salpetrigsaures Gas* wurde bei —32°,2 farblos und verwandelte sich in eine gelbliche ölartige Flüssigkeit, bei — 40° aber bildeten sich einige gelbliche Krystalle. Ohne Mitwirkung des Lichtes[1] wird das Gas in eine tropfbare Flüssigkeit verwandelt, gefriert aber noch nicht bei —43°,3 C. *Ammoniakgas* fing bei —40° C. an flüssig zu werden. Auch gelang es auch, *Salpetergas* (*nitrous oxyde*) durch eine Kälte von — 40° bis — 42°,8 tropfbar-flüssig zu machen, die erzeugte Flüssigkeit war zähe und farblos, auch erschienen in derselben einige kleine Krystalle, die wie Fliegenbeine an den innern Wandungen des Gefäfses hafteten und durch Reiben an der Aufsenseite mit einem seidenen Taschentuche elektrisch abgestofsen wurden. Den höchsten Kältegraden von —44° C. widerstanden *kieselhaltiges* und *reines flufssaures Gas*, *ölerzeugendes Gas*, *salpetersaures Gas*, in welchem sich jedoch einige Krystalle zeigten, *Sauerstoffgas* und *salzsaures Gas*. Ersteres zur Flüssigkeit gebracht, aber verändert wurde *Kohlensäure*, indem sich einige weifsliche Krystalle an die Glaswände anlegten[2], *Chlor* wurde schon von —32°,2 an farblos; aber es flüssig zu machen und zum Krystallisiren zu bringen gelang ohne Compression nicht bei —43° C. *Schwefelwasserstoffgas* erlitt eine Zersetzung, indem ein dunkelfarbener Antheil desselben auf dem Boden ruhte, der durch steigende Wärme sogleich verschwand, auch wurden an den oberen Theilen der Wandungen einige Krystalle gebildet, und mit der Zeit setzten sich schwarze Flecke ab. Man mufs jenen Reisenden dankbar dafür seyn, dafs sie in so grimmiger Kälte auf die Erweiterung der Wissenschaft durch diese interessanten Versuche bedacht waren.

Beim weiteren Verfolgen der Erscheinungen des Schmelzens und Gefrierens der verschiedenen Körper finden wir im Allgemeinen, dafs zunehmende Wärme den Zustand der Festigkeit in den der tropfbaren Flüssigkeit zu verwandeln vermag, allein so wie wir gesehn haben, dafs unterhalb des gleichsam als Grenzscheidung angenommenen Punctes des schmel-

---

1 Dieses bezieht sich vermuthlich auf das im vorigen Paragraph angegebene eigenthümliche Verhalten des Sassafrasöls.

2 Wie man jetzt weifs, war dieses ohne Zweifel feste Kohlensäure, wie sie von Thilorier später durch starken Druck und eigene Verdampfung dargestellt worden ist. Beide Entdeckungen wurden unabhängig von einander gemacht.

Digitized by Google

nden Eises einige Körper dem Einflusse der höchsten, bis tzt erreichten Kältegrade widerstehn, gewahren wir auch, ıfs oberhalb desselben andere durch die Einwirkung der stärk- en Hitze nicht in den Zustand der tropfbaren Flüssigkeit bergehn. Ueber das Schmelzen der Körper in höheren Wär- egraden, als wobei das Eis flüssig wird, sind zwar ungleich ehr Erfahrungen vorhanden, als über das Gefrieren unterhalb ieser Normaltemperatur, weil es viel leichter ist, hohe Grade er Hitze, als intensive Kälte hervorzubringen, einer genauen estimmung der Temperaturen aber, wobei nach beiden Seiten in das Schmelzen eintritt, steht das gleiche Hindernifs ent- egen, dafs wir zwar für mittlere Wärmegrade hinlänglich ge- aue Thermometer besitzen, diese uns aber für die höchsten itzegrade noch mehr mangeln oder mindestens schwieriger zu ebrauchen sind, als die für die tiefsten Kältegrade. Zum lück sind in den neuesten Zeiten auch hierin bedeutende Fort- chritte gemacht worden, wie aus dem Verfolge der Untersuchun- en hervorgehn wird. Ehe wir aber die verschiedenen höher egenden Schmelzpuncte aufsuchen, mögen erst einige allge- eine Betrachtungen vorausgehn.

508) Sofern der Theorie nach die Wärme als repulsives rincip gilt, insbesondere wenn der verschiedene Aggregatzu- tand der Körper nach Laplace als die Folge des stabilen leichgewichtes der beiden in stetem Conflicte befindlichen Mo- ecularkräfte, der Attraction und der Repulsion, betrachtet wird, olgt nothwendig, dafs Erhöhung der Temperatur zuerst Ver- rösserung des Volumens und dann den Uebergang zur Flüs- igkeit bei festen Körpern und zur Dampfform bei flüssigen erbeiführen müsse, und eben die Allgemeinheit dieses Verhal- ens ist die Grundlage der hierauf gebaueten Hypothese, wo- ach die *Wärme* als *repulsive Kraft* oder als deren Träger cheint. Um so auffallender mufs es aber seyn, wenn sich usnahmen von dieser Regel finden, ja die ganze Hypothese müfste als nichtig erscheinen, wenn es deren wirklich gäbe, eil hieraus hervorgehn würde, dafs die Wärme nicht allge- ein als repulsives Princip gelten könnte, wenn sie sich in inigen Fällen nicht als solches zeigte. Wirklich kommen aber olche Abweichungen vor, allein sie sind nur scheinbar und ermögen das allgemeine Gesetz nicht umzustofsen, weswegen wir dasselbe bisher stets als gültig betrachteten. Zuerst giebt

Digitized by Google

es verschiedene Salze, namentlich weinsteinsaure Kalksalze, welche im Wasser gelöst in höheren Temperaturen wieder trübe werden und niederfallen, obgleich sie sich in niederen als völlig klare Lösungen zeigten. Diese alle oder auch nur eine grofse Zahl derselben hier namhaft zu machen würde nicht angemessen seyn, vielmehr genügt es, nur im Allgemeinen zu bemerken, dafs hierbei nicht die Einwirkung der repulsiven Wärme auf die der Anziehung folgenden Molecüle der Körper unmittelbar in Betrachtung kommt, sondern unter vielfach modificirten Bedingungen. Der organischen, vielfach zusammengesetzten Salze nicht zu gedenken bestehn alle unorganische mindestens auf doppelt binären Verbindungen, und die Wärme kann daher die vier vereinten einfachen Körper auf eine Weise verbinden, dafs in den neuen Verbindungen die Attraction ein Uebergewicht über die Repulsivkraft selbst der vermehrten Wärme erhält; kommt obendrein noch Wasser oder ein sonstiges Lösungsmittel hinzu, so ist leicht vorstellbar, dafs die eben durch den Einflufs erhöhter Wärme erzeugten neuen Verbindungen minder löslich sind, als die früher bestandenen, die durch verminderte Temperatur wieder hervortreten. Zur Erläuterung der Sache kann eine bekannte Erfahrung dienen. Wenn man salzsauren Kalk und verdünnte Schwefelsäure, beide im Zustande vollständiger Liquidität, zusammengiefst, so wird Wärme ausgeschieden, und dennoch entsteht eine feste Masse, weil die Verbindung der Schwefelsäure mit dem Kalke ein so viel weniger lösbares Salz (Gyps) bildet, dafs die flüssige und verdünnte Chlorwasserstoffsäure mechanisch zurückgehalten wird.

Um einige Thatsachen hier anzuführen, benutze ich das, was Osann[1] über das vorliegende Problem mitgetheilt hat. Nach ihm nahm Lassone[2] zuerst die auffallende Erscheinung der durch Wärme verminderten Lösbarkeit wahr, indem er in eine siedend heifse Solution von Seignettesalz ätzenden Kalk brachte, wodurch die Flüssigkeit dick und weifslich wurde, beim Filtriren aber klar durch das Filtrum flofs, worauf das Filtrat in der Siedehitze abermals gerann und beim Erkalten sich wieder völlig klar zeigte. Als Lassone die überschüssige

1 G. LXIX. 283.

2 Mém. de l'Acad. 1773. p. 214. Crell's chem. Journ. Th. IV. S. 109.

Digitized by Google

äure des Weinsteins mittelst Kreide neutralisirte und dann ieses Gemisch mit Kalilauge erhitzte, trübte sich die Masse eim Erhitzen und löste sich beim Erkalten wieder auf. Gay-ussac[1] erwähnt, dafs essigsaure Thonerde, mit einigen von hm genannten Salzen gemischt, in der Hitze gerinnt, indem ie Thonerde ausgeschieden wird, beim Erkalten wird letztere ber wieder aufgelöst. Osann fand durch eigene Versuche assonn's Erfahrungen bestätigt und entdeckte aufserdem das ämliche Verhalten bei den Verbindungen des Kalkes mit neu-alem und mit saurem weinsteinsaurem Natron; als er aber einsteinsauren Kalk im Ueberschufs mit Kalilauge kochte, so afs beim Filtriren der erkalteten Flüssigkeit ein Theil unauf-elöster weinsteinsaurer Kalk zurückblieb, gerann diese Flüs-igkeit beim Erhitzen so, dafs man das sie enthaltende Glas mkehren konnte. Ebendieses fand statt bei einer Verbindung on weinsteinsaurem Kalk mit Natronlauge, und der weinstein-aure Kalk ist daher derjenige Körper, welcher das angegebene bnorme Verhalten zeigt, doch findet es auch bei weinstein-aurem Strontian mit Kali- oder Natronlauge statt. Kalk in ner Auflösung von Zucker gekocht und nach gänzlichem Er-alten filtrirt giebt gleichfalls eine in der Hitze gerinnende lüssigkeit[2]. Graham[3] giebt die Ursache dieser Anomalie, die t, aufser bei den Kalkhydraten, auch bei den Lösungen der eutralen phosphorsauren Magnesia (durch Niederschlagung ei-er Lösung des phosphorsauren Natrons mittelst schwefelsauren lagnesiumoxyds bereitet) wahrnahm, etwas näher an. Hier-ach findet dieses Verhalten blofs bei solchen Hydraten statt, elche eine schwache Verwandtschaft zu dem aufgenommenen asser haben, die dann durch die Wärme noch mehr ge-chwächt wird. Auch die Kieselerde ist getrocknet im Wasser nlöslich, als Hydrat aber löst sie sich in demselben aller-ings auf.

509) Die hier angegebenen Thatsachen gehören zunächst in as Gebiet der Chemie, ganz eigentlich der Physik angehörig

---

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LXXIV. p. 195. Schweigger's Journ. . 48.

2 Lowitz beobachtete dieses zuerst; s. Crell's chem. Ann. Th. I. . 347.

3 Annals of Philos. 1827. Juli. Wiener Zeitschrift Th. III. S. 493.

Digitized by Google

ist aber ein anderes Phänomen, welches man meistens mit jenem für verwandt oder gar identisch hält, obgleich es wesentlich davon verschieden ist. Auch der *Schwefel* hat die Eigenschaft, durch vermehrte Wärme aus dem festen Zustande in den der Flüssigkeit überzugehn; wird er dann aber stärker erhitzt, so zeigt er sich in einem hohen Grade dickflüssig, so dafs man das ihn enthaltende Gefäfs umkehren kann, ohne dafs er selbst nur an den Rändern herabfliefst. Läfst man ihn bis zur früheren Temperatur erkalten, so tritt der Zustand der Dünnflüssigkeit wieder ein, und ebendieses ist der Fall, wenn man die Temperatur, in welcher er aus dem geschmolzenen Zustande in den der Zähigkeit übergeht, noch mehr erhöht, obgleich die dann statt findende Fluidität anfangs etwas geringer ist, als die früher bei niedrigerer Temperatur erzeugte. Bei noch mehr wachsender Hitze tritt das Sieden ein, und auf dieses folgt schnell die Sublimation. Um diese Erscheinung einfach wahrzunehmen, darf man nur Schwefel in eine 2 bis 5 Lin. weite, am untern Ende verschlossene Glasröhre von etwa 12 Zoll Länge bringen und diese über Kohlen erhitzen. Der Schwefel wird bald dünnflüssig und zwar in seiner ganzen Masse, wenn man ihn lange genug in der zu diesem Schmelzen erforderlichen Temperatur erhält. Steigert man die Hitze, so verwandelt sich die gelbliche klare Flüssigkeit allmälig in eine zunehmend dunkler werdende, röthlich braune, minder flüssige und zuletzt gänzlich starre, die aber durch Verminderung der Wärme ihre vorige Fluidität wieder erhält, bis nach gehöriger Erkaltung der Zustand der Festigkeit wieder eintritt. Man kann diesen Wechsel nach Belieben oft wiederholen, doch habe ich gefunden, dafs der mehrmals durch Hitze zum Gestehn gebrachte Schwefel seine hellgelbe (schwefelgelbe) Farbe verliert und eine mehr schmuzig weifse, ins Braune übergehende annimmt. Den Schwefel nach dem Gestehn in höherer Hitze durch noch weiter erhöhte Temperatur nochmals flüssig zu machen ist nicht so leicht, weil die Wärme hierzu beträchtlich seyn mufs und dann bald Sublimation erfolgt.

Dieses merkwürdige, jetzt allgemein bekannte, anomale Verhalten wurde zuerst von Gehlen und Buchholz wahrgenommen[1], nachher aber von sehr vielen bestätigt, unter denen

1 Gehlen's Journ. der Chem., Phys. u. Miner. Th. IV. S. 304.

Digitized by Google

IAS[1] die den verschiedenen Zuständen zugehörigen Wärme-
e angegeben hat. Nach diesem krystallisirt der flüssige
wefel bei 108° C., welches dann zugleich auch sein
nelzpunct seyn mufs, und hat bei 110° im Zustande vollkom-
er Flüssigkeit eine hellgelbe Farbe, die bei fortdauernder
sigkeit und einer Temperatur von 140° ins Dunkelgelbe
geht. Bei 170° wird die Flüssigkeit dick und orangegelb,
mt bis 190° an Dicke zu, wird bei 220° zähe und röth-
, von 230° bis 260° im Zustande grofser Zähigkeit braun-
[2]. Nach MITSCHERLICH[3] ist der Schmelzpunct des Schwe-
bei 111° zu setzen; in einer etwas vermehrten Temperatur
t er sich vollkommen flüssig, klar und gelb, wie Bern-
n; von 160° an beginnt er dickflüssig und braun zu wer-
und ist bis etwas über 200° erhitzt so dickflüssig, dafs
das Gefäfs, worin er sich befindet, umkehren kann, ohne
er herausfliefst. Setzt man die Erhitzung noch weiter, bis
316° fort, so siedet der flüssige Schwefel. Die Thatsache
st ist hiermit genügend festgestellt, und es dürfte nicht eben
hig seyn, den Umfang derselben noch zu erweitern; allein
Erklärung eines so ungewöhnlichen Verhaltens ist ebenso
htig als schwierig. Liefse sich gar kein Grund finden, auf
man diese Abweichung von der allgemeinen Regel, wo-
h die zunehmende Wärme die Molecüle der Körper stets
ter von einander entfernt, zurückzuführen vermöchte, so
nte die Wärme selbst nicht als eigentlich repulsive Potenz
heinen, weil ihr, wenn auch nur in diesem einzigen Falle,
er ihr eigentliches Wesen bezeichnende Charakter fehlte.
s zur Erklärung der oben genannten Erscheinungen ange-
rt worden ist, leidet auf den Schwefel keine unmittelbare An-
dung, denn jene Körper können leicht dadurch unlöslicher
den, dafs die Wärme andere, als die früher vorhandenen,
Wasser weniger lösbare Verbindungen erzeugt; von einer
hteren oder schwereren Lösbarkeit des Schwefels in einem
rogenen Menstruum ist aber nicht die Rede, sondern von

---

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXVI. p. 83. Poggendorff's Ann. 166.

2 Bei den angegebenen Versuchen mit Schwefel in einer Glas-
re gewahrt man blofs einen Uebergang der hellgelben Flüssigkeit
ine zunehmend dunkler werdende röthlich-braune.

3 Lehrbuch der Chemie. Berlin 1831. Bd. I. S. 40.

Digitized by Google

dem beginnenden und mit Zunahme der Temperatur verminderten Schmelzen desselben. Die Aufgabe wird noch schwieriger dadurch, dafs der Schwefel, wenn man diese Unterbrechung abrechnet, wie alle andere Körper durch den Einfluss der Wärme aus der Starrheit in den Zustand der tropfbaren Flüssigkeit und von diesem zur Dampfform übergeht.

Eine eigentliche und zugleich genügende Erklärung ist, so viel ich weifs, noch nicht gegeben worden, auch dürfte dieselbe vor der Hand, und ohne eine Vermehrung der bis jetzt bekannten Thatsachen, nicht möglich seyn; inzwischen können wir das Phänomen mit andern auf eine solche Weise in Verbindung bringen, dafs es uns nicht zwingt, das wichtige Gesetz vom stabilen Gleichgewichte der beiden Kräfte, die den verschiedenen Aggregatzustand der Körper bedingen und für deren eine wir die Wärme halten, oder mindestens den Satz, dafs die Wärme ihrer wachsenden Intensität proportional die Molecüle der Körper stets weiter von einander entfernt, deswegen aufzugeben. Nach Schweigger[1] liegt die Ursache in der *Krystall-Elektricität*, wogegen Osann[2] mit Recht erinnert, man wisse eigentlich nicht recht, was Krystall-Elektricität sey, ob sie hierbei statt finde, und noch viel weniger, wie sie diese specielle Wirkung hervorzubrigen vermöge. Letzterer setzt sie vielmehr mit den analogen Erscheinungen bei den Kalksalzen in Verbindung und hält deswegen den Schwefel für einen zusammengesetzten Körper; allein zu dieser Annahme ist kein genügender Grund vorhanden, vielmehr sagt Mitscherlich[3]: „da der zähe, braune Schwefel chemisch „durchaus nicht vom spröden Schwefel verschieden ist, so „folgt, dafs eine und dieselbe Substanz, wenn sie verschie„dentlich behandelt wird, ganz verschiedene Eigenschaften ha„ben könne.“ Dieser Satz, weiter entwickelt, bringt uns der wahren Erklärung mindestens sehr nahe. Der Schwefel ist nach einer Menge von Erfahrungen ein Körper, dessen Molecüle einer veränderlichen Lage gegen einander fähig sind. Von diesen verschiedenen Lagen gegen einander überzeugt uns sein optisches Verhalten, insofern seine Farbe bei den ungleiche

1 Dessen Journ. Th. V. S. 57. Th. VIII. S. 294.
2 G. LXIX. 296. Vergl. Poggendorff's Ann. XXXI. 33.
3 A. a. O. S. 42.

Digitized by Google

üssigkeitsgraden sich ändert. Noch mehr können wir uns ervon überzeugen, sobald wir die Eigenschaften berücksich-gen, die derselbe zeigt, wenn er in den wechselnden Flüs-gkeitszuständen plötzlich erkaltet und seine Molecüle somit ihre rmalige eigenthümliche gegenseitige Lage, mindestens gröfs-atheils, beibehalten. Diesem analog ist die ungleiche Aggre-tion der Molecüle verschiedener Körper nach schnellem und agsamem Erkalten, worauf der bleibende Zustand ihrer Sprö-gkeit, Elasticität und Biegsamkeit beruht. Nach Dumas[1] ird der bei 110° flüssige Schwefel nach plötzlichem Erkalten hr brüchig und gelb, und dieses ist bis 140° der Fall, ob-eich er dann schon dunkler gelb wird. Bei 170° zeigt er ch dicker und orangegelb, nach schnellem Erkalten aber we-ger brüchig und gelb. Plötzlich erkaltet bei 190°, wenn er ckflüssiger und orangefarben war, behält er zwar die gelbe rbe, ist aber anfangs weich und durchsichtig und wird später n selbst brüchig und undurchsichtig. Steigt die Erhitzung bis 0°, wobei er zähe und röthlich erscheint, so ist die schnell altete Masse bernsteinfarben, weich und durchsichtig. Von 0° bis 260° erhitzt zeigt sich die schnell erkaltete, sehr zähe d braunrothe Masse sehr weich, durchsichtig und röthlich; im Siedepuncte endlich, welchen Mitscherlich bei 316° zt, zeigt er sich von braunrother Farbe und minder zähe, ch schnellem Erkalten aber sehr weich, durchsichtig und unroth. Hieraus folgt schon nothwendig, dafs die Molecüle s Schwefels bei verschiedenen Wärmegraden eine verschie-ne gegenseitige Lage gegen einander annehmen müssen, die beim schnellen Erkalten, wenn man die geschmolzene Masse kleinen Theilen, z. B. wenn er flüssig ist, als feinen Strahl, vieles kaltes Wasser bringt, ganz oder wenig verändert bei-halten. Wären die angeführten Thatsachen nicht genügend, dieses zu beweisen, so würde es schon unverkennbar aus m Umstande hervorgehn, dafs der Schwefel zwei Krystall-men hat. Nach Mitscherlich's[2] Untersuchungen läfst sich e eine, welche dem natürlichen Schwefel eigen ist und sich ch bei dem aus dem Schwefelkohlenstoff krystallisirten zeigt,

---

[1] Ann. de Chim. et Phys. T. XXXVI. p. 83. Poggendorff's Ann. d. 166.

[2] Ann. de Chim. et Phys. T. XXIV. p. 264.

Digitized by Google

auf ein Oktaëder mit rhombischer Basis zurückführen und gehört also zum zwei- und zweigliedrigen Systeme, die andere, welche man bei dem geschmolzenen und langsam erstarrten Schwefel wahrnimmt, hat ein schiefes Prisma mit rhombischer Basis zur Grundform und würde also nach Weiss zum zwei- und eingliedrigen Systeme gehören. Die Richtigkeit dieser Thatsachen geht mit Sicherheit aus den genauen durch Rubberg[1] angestellten Messungen hervor, wodurch die den beiden Formen zugehörigen Winkel aufgefunden wurden; und wenn man hinzunimmt, dafs der unter verschiedenen Bedingungen erstarrte Schwefel, sich selbst überlassen, allmälig Farbe und Härte ändert, mithin zur eigentlichen oder veränderten Krystallisation übergeht, so läfst sich mit dieser Eigenthümlichkeit auch diejenige leicht in Verbindung bringen, die er rücksichtlich seines Schmelzens zeigt, ohne hierin einen Beweis gegen die Zulässigkeit des allgemeinen, über das Verhalten der Wärme aufgestellten Gesetzes zu finden. Als Talbot[2] eine kleine Menge Schwefel zwischen zwei sich nahe berührenden Glasscheiben über einer Weingeistlampe erhitzte, entfernte sich der Schwefel von der untern Platte und setzte sich an der obern in vielen Tausenden kleiner Massen an. Wurden die gröfsten der durchsichtigen Partikelchen mit dem Mikroskope betrachtet, so erschienen sie als planconvex, mit der flachen Seite am Glase haftend, und waren so genau sphärisch, dafs selbst die kleineren das Bild eines entfernten Lichtes in ihrem Brennpuncte darstellten; nach einigen Stunden aber hatten zwar die kleineren diese ihre Durchsichtigkeit beibehalten, die gröfseren aber waren in Folge einer vorgegangenen Veränderung der gegenseitigen Lage ihrer Molecüle undurchsichtig geworden. Eine solche, selbst nach dem Erkalten im Innern vorgehende Veränderung stimmt auch mit den durch Mitscherlich und Andere[3] gemachten Beobachtungen überein[4].

---

1 Poggendorff's Ann. II. 423.

2 London and Edinb. Philos. Mag. N. XLVI. p. 189.

3 Vergl. Philos. Magaz. and Annals cet. N. Ser. T. III. p. 18 u. 152.

4 Um die Zahl der Eigenthümlichkeiten im Verhalten des Schwefels noch zu vermehren, verweisen wir auf die oben §. 491 mitgetheilte Beobachtung von Despretz, wonach der flüssige Schwefel der allgemeinen Regel bei tropfbaren Flüssigkeiten zuwider mit zunehmen

Digitized by Google

510) Eine zweite allgemeine, auf das Schmelzen und Ge-
ren der verschiedenen Körper sich beziehende Bemerkung
nifft den Unterschied der zum Zerfliefsen der Körper erfor-
lichen Temperaturen, jenachdem dieselben einfach oder zu-
mengesetzt sind. Nach theoretischen Gründen sollte man
für berechtigt halten zu schliefsen, dafs der Schmelzpunct
ammengesetzter Körper einer Temperatur zugehöre, welche
mittlere zwischen den beiden ist, wobei die einzelnen Kör-
schmelzen, oder dafs der leichter schmelzbare Bestandtheil
se seine Eigenschaft an den mit ihm verbundenen übertrage,
in es darf als allgemeine Regel gelten, dafs alle zusammen-
etzte Körper bei einer niedrigern Temperatur schmelzen, als
che dem Mittel ihrer beiden Schmelzpuncte zugehört, ja
sogar der Schmelzpunct der Zusammensetzung tiefer liegt,
der dem leichtflüssigsten Bestandtheile zugehörige. In den
ren Vorträgen über Physik pflegte man zwei in das Gebiet
Schmelzungen gehörige Apparate zu zeigen, die neuerdings
z in Vergessenheit gerathen sind und die ich gelegentlich
ähne, falls sie künftig einmal wieder hervorgehoben wer-
sollten; der eine heifst das *Blut des heiligen Januarius*,
andere das *Wetterparoskop*. Das erstere[1] besteht aus einer
ammensetzung von Wallrath (*sperma ceti*) und Terpentin-
itus, mit Ochsenzungenwurzel roth gefärbt, welche in eine
röhre von geeigneter Gröfse gebracht und diese dann her-
isch verschlossen wird. Man stellt die Mischung so her,
sie bei etwas mehr als mittlerer Temperatur flüssig ist, in
as geringerer Wärme aber gesteht; sie ist daher im ge-
nlichen Zustande fest, wird aber durch die Wärme der
d flüssig und hat bei hinlänglich dunkler Farbe einige
nlichkeit mit dem Blute, unterscheidet sich aber von dem

Hitze sich abnehmend ausdehnt. Allerdings führen die Formeln
Berechnung der Volumensvermehrung zu einer gleichen Anomalie,
n factisch ist dieselbe noch bei keiner andern Flüssigkeit, als
Schwefel, nachgewiesen worden und steht daher wohl unfehlbar
den übrigen Anomalieen dieses eigenthümlichen Körpers in Ver-
ung.

1 Ungeachtet ich in diesem Augenblicke den Apparat nirgends
geben finden kann, so erinnere ich mich doch sehr gut, dafs ich
Versuch in Lichtenberg's Vorlesungen gesehn und auch Glasröh-
mit dieser Mischung verfertigt habe.

Digitized by Google

ächten in Neapel dadurch, dafs es ruhig zerfliefst, letzteres aber schäumend aus dem Glase emporsteigt. Das Wetterparoskop[1] besteht aus einer Auflösung des gereinigten Kampfers in nicht absolutem Alkohol. Die Auflösung wird um so weniger reichhaltig an Kampfer, je mehr Wasser dem Alkohol zugesetzt ist, und hat die Eigenthümlichkeit, dafs bei Verminderung der Temperatur der Kampfer in zusammenhängenden Nadeln baumartig oder vielmehr dem Farrenkraut ähnlich ausgeschieden wird. Bringt man daher die Auflösung in geeignete Glasröhren und schmelzt man diese an beiden Enden zu, so lassen sie sich aufhängen, und bei eintretender Temperaturverminderung wird die Ausscheidung erfolgen. Da die Ausscheidung des Kampfers in so viel höheren Temperaturen eintritt, je mehr Kampfer aufgelöst ist, so kann man mehrere Apparate dieser Art verfertigen, und wenn man dann diejenigen Wärmegrade kennt, welche die Ausscheidung bei den einzelnen bewirken, so kann man aus der beginnenden Krystallisation annähernd auf die Temperatur der Umgebung schliefsen. Hiernach können diese Apparate als unvollkommene Thermometer dienen.

Gegenwärtig dient hauptsächlich das leichtflüssige Metallgemisch, das sogenannte *Rose'sche Metall*, als Beispiel und zum Beweis, wie sehr der Schmelzpunct der Metalle durch ihre Verbindung mit einander herabgebracht wird, denn alle drei Metalle, woraus dasselbe besteht, schmelzen erst in bedeutend hoher Temperatur über dem Siedepuncte des Wassers, die Mischung aber schon unter demselben[2]. Die Sache mufs seit lange schon bekannt gewesen seyn, denn die Blecharbeiter bedienen sich zum Löthen einer Verbindung aus Zinn und Blei, theils wegen des wohlfeileren Preises des letzteren Metalles, theils weil die Mischung leichter schmilzt, als selbst der leichtflüssigste Be-

---

1 Lichtenberg (vermischte Schriften Bd. VIII. S. 124) giebt an, dafs Romieu im Jahre 1746 zuerst das Auskrystallisiren des Kampfers aus verdünntem Alkohol wahrgenommen und in Mém. de l'Acad. [illegible] (daraus in Hamburger Mag. Th. XI. S. 78) bekannt gemacht habe. Als Erfinder dieses Apparates gilt Joseph Barth aus Nürnberg. Seit 178[illegible] waren Wetterparoskope sehr beliebt und wurden in Menge verkauft. Was Lichtenberg gegen die Wortbildung sagt, ist richtig, doch soll es nicht Wetterbaroskop, sondern Paroskop heifsen, weil es das Wetter vorherverkündigt.

2 Vergleiche Rudberg über das Erkalten der Legirungen dieser Metalle, oben §. 457.

Digitized by Google

tandtheil beider, das Zinn. Rose[1] aber lenkte zuerst die Auf-
erksamkeit auf diejenige Mischung, welche schon im sieden-
en Wasser flüssig wird und nach seiner Angabe aus 2 Th.
Vismuth, 1 Th. Blei und 1 Th. Zinn besteht. Ein anderes
ischungsverhältnifs giebt d'Arcet[2] an, nämlich 8 Th. Wis-
uth, 5 Th. Blei und 3 Th. Zinn, Döbereiner[3] dagegen
ält 118 Th. Zinn, 207 Th. Blei und 284 Th. Wismuth für
as zweckmäfsigste Verhältnifs, doch ist für den gewöhnlichen
ebrauch nicht nothwendig, ein scharf bestimmtes Verhältnifs
ne zu halten, wenn man nur ein den angegebenen genähertes
ählt, worin stets die Menge des Wismuths gegen die der
iden übrigen am gröfsten ist. Die Metallmischung wird we-
n dieses ihres eigenthümlichen Verhaltens zu manchen Zwe-
en benutzt, und weil sie zugleich vom Wismuth die Eigen-
haft annimmt, sich beim Erstarren auszudehnen und daher
feine Räume einzudringen, so schlägt Gassicourt[4] vor,
reotypen aus derselben in der Art zu verfertigen, dafs die
habenheiten, auf die man dieselbe gieſst, sich darin abdrücken,
d er glaubt, dafs dieses sogar bei einer dicken und stark her-
agenden Schrift auf Papier geschehen würde[5]. Aber nicht
fs bei den genannten Metallen findet das angegebene Ver-
lten statt, sondern man darf sagen, dafs es bei allen ange-
ffen wird, jedoch nicht in gleichem Grade, ja bei der Ver-
dung des Kupfers mit Zink als Messing und mit Zinn als
ockenspeise rückt zwar der Schmelzpunct unter den des
pfers herab, aber nicht bis zu der Hitze, welche die mittlere
ider Schmelzpuncte ist, wobei aber das quantitative Verhält-
s beider verbundener Metalle einen Unterschied herbeiführt.

---

1 Stralsund'sches Magaz. Th. II. S. 24.

2 Journ. de Phys. T. IX. p. 217.

3 Schweigger's Journ. Bd. XLII. S. 182.

4 Ann. gén. des Sciences phys. T. III. Schweigger's Journ. Bd. XIII. S. 443.

5 Parcntl. in: Jahrbücher des polyt. Institutes zu Wien. 1819. B. I. S. 197 theilt eine ausführliche Tabelle über die Temperaturen mit, in denen diese Legirungen nach ihren ungleichen Mischungsverhältnissen schmelzen. Hiernach schmilzt eine Zusammensetzung aus 2 Th. Wismuth, 8 Th. Blei und 3 Th. Zinn am leichtesten, nämlich bei 94°,5 C. Unter den Legirungen von Zinn und Blei schmelzt die, welche aus 4 Th. Blei und 6 Th. Zinn besteht, am leichtesten, nämlich bei 168°,9 C.

Digitized by Google

Legt man ein Stück Zinn auf ein Kupferblech, so vereinigen sich beide bei der Rothglühhitze und das Kupfer wird durchlöchert. Noch auffallender zeigt sich dieses bei dem so höchst strengflüssigen Platin, denn dieses schmilzt mit allen Metallen, aufser Eisen, mit einigen sogar sehr leicht zusammen, und bildet nicht eben strengflüssige Legirungen, wobei jedoch das quantitative Verhältnifs sehr zu berücksichtigen ist[1].

Metalle werden nicht blofs durch andere Metalle, sondern auch durch sonstige Körper leichter flüssig, als sie es im reinen Zustande sind. So ist das Eisen im stärksten Ofenfeuer unschmelzbar, der Kohlenstoff macht aber den Stahl, und dieselbe Substanz nebst andern Beimischungen, als Phosphor, Silicium u. s. w. das Gufseisen schmelzbar. Hierauf beruhet der sogenannte *Zuschlag* oder *Flufs*, den man bei den Hohöfen anwendet, um die strengflüssigen Metalle zum Schmelzen zu bringen, wozu unter andern der hiervon benannte Flufsspath gehört. Beim Löthen mit sogenanntem hartem Lothe (Zink und Kupfer) oder mit Silber bedient man sich des Borax, um das Fliefsen der Metalle herbeizuführen, und selbst beim leichtflüssigen Schnellloth (Blei und Zinn, oder reines Zinn) wenden die Blecharbeiter Kolophonium zu diesem Zwecke an. Die reinen Erden sind für sich im stärksten Essenfeuer unschmelzbar, allein die Kieselerde schmilzt mit Thonerde zusammen, mit Kalk läfst sie sich in Flufs bringen und mit Kali oder Natron vereint schmilzt sie sogar in der Flamme der Glasbläser. Guyton de Morveau[2] stellte eigene Versuche an, um diesen Einflufs näher zu ermitteln, welchen die Erden rücksichtlich ihrer Schmelzbarkeit auf einander ausüben, und fand, dafs die an sich unschmelzbaren durch ihre Verbindung schmelzbar werden.

Aus allen diesen und vielen andern Erfahrungen geht also hervor, dafs vereinte Substanzen leichter schmelzen, als ihre einzelnen Bestandtheile, und es zeigt sich dieses so allgemein, dafs ein Naturgesetz dabei zum Grunde liegen mufs. Inwie-

---

1 Hierher kann auch das leichte Verbrennen des Eisens durch Schwefel gerechnet werden. Mit einer Schwefelstange durchbohrt man leicht ein glühendes Eisenblech. Vergl. §. 135. Anm.

2 Journ. de l'École polyt. Cah. II. p. 194. III. p. 298. Ann. Chim. T. XXIX. p. 320.

Digitized by Google

ı ist ein solches bis jetzt nicht aufgefunden worden, weil wir die Repulsivkraft der Wärme im Allgemeinen kennen, jedoch swegs in ihren verschiedenen Modificationen und Bezieen auf die ungleiche Materie so genau, dafs wir anzugeben öchten, inwiefern dieselbe durch die ohnehin nur oberflächbekannten Eigenschaften der Körpermolecüle verstärkt oder ıwächt wird. Aufserdem aber sind die Thatsachen nur im meinen, keineswegs aber im Einzelnen so bekannt, dafs wüfsten, welche Körper und in welchen quantitativen Verissen sie die Schmelzpuncte um bestimmte Wärmegrade bringen. Endlich aber ist die Regel nicht allgemein, vielmacht namentlich abermals der Schwefel eine Ausnahme, n er selbst leichtflüssig ist, aber mit Metallen, selbst den tflüssigen, verbunden sehr unschmelzbare Erze bildet.

Als allgemeines Gesetz hinsichtlich der Schmelzbarkeit einr Körper stellt Joh. Cloud[1] den Satz auf, dafs namentlich len Metallen die Cohäsion ihrer Theile aufgehoben werde die Temperaturen, in welchen sie schmelzen, daher ihrer sion und ihrem specifischen Gewichte proportional sein en. Die Proportion zwischen Zinn und Gold giebt dann raden nach Fahrenheit:

$$36{,}630 \times 7{,}299 : 442 = 150{,}735 \times 19{,}361 : x,$$

den Schmelzpunct des Goldes = 5103° F. Hiernach wären lie übrigen Metalle:

Metalle	Cohäsion	specif. Gewicht	Schmelzpuncte F.	C.
Eisen . . .	549,250	7,788	7480°	4137
Kupfer . .	302,278	8,667	4581	2527
Platin . . .	274,320	23,543	11293	6257
Silber . . .	187,137	10,510	3439	1892
Gold	150,753	19,361	5103	2817
Zink	109,540	6,861	1314	712
Zinn	34,630	7,299	442	228
Blei	27,621	11,352	548	287

n die theoretische Begründung des aufgestellten Satzes e grofsen Schwierigkeiten unterliegen, allein die Erfahrung keineswegs zu seiner Bestätigung; denn die gefundenen

---

[1] Trans. of the Amer. Philos. Soc. held at Philad. New Ser. p. 120.

Digitized by Google

Gröfsen weichen allzusehr, selbst bei sehr bekannten Metallen, als Blei und Zink, von den Resultaten anderer Messungen ab, als dafs man hoffen dürfte, auf diesem Wege die anderweitig schwer zu bestimmenden Schmelzpuncte genau ermitteln zu können.

511) Was bei denjenigen Körpern häufig beobachtet wird, die in tieferen Temperaturen schmelzen, zeigt sich auch bei solchen, die höhere Wärme hierzu erfordern, bis zu den allerstrengflüssigsten und unschmelzbaren, woraus sich ergiebt, dafs rücksichtlich dieses Verhaltens keine eigentliche Grenzscheidung der Temperaturen statt findet, durch welche die eine Classe der Körper von der andern wesentlich geschieden würde. So wie beim Gefrieren des Wassers Wärme entbunden wird, geschieht dieses auch beim Gestehen der Körper in höheren Temperaturen (§. 457 u. 458), und selbst der Schwefel zeigt durch die ungleichen Zeiten seines Erkaltens nach den Messungen von Marx[1] ein solches Freiwerden der Wärme in den verschiedenen Stadien seiner wechselnden Flüssigkeit; beim Krystallisiren desselben wird aber so viel Wärme entbunden, dafs das Thermometer, wenn das Festwerden beginnt, um 10° C. wieder steigt und bis zur beendigten Erstarrung auf diesem Puncte verharret, ein Verhalten, welches dem des Wassers gleich kommt, bei andern Substanzen gleichfalls statt finden mag und die Bestimmung der Schmelzpuncte bedeutend erschwert. Eine ähnliche Erscheinung gewahrte Crichton[2] beim geschmolzenen Zinn, indem ein in dasselbe eingesenktes Thermometer bis 226°,1 C. herabsank, dann bis 227°,78 C. stieg und bei diesem Stande blieb, bis das Metall gestanden war. Erman[3] beobachtete den Stillstand der Temperatur nicht blofs beim Rose'schen Metalle, sondern auch beim Zinn und Wismuth, und benutzte dieses zur Bestimmung des Schmelzpunctes derselben. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dafs weitere Beobachtungen, die nur bis jetzt wegen der Unsicherheit der thermometrischen Apparate oder der Schwierigkeit ihrer Behandlung nicht füglich zu erhalten waren, bei verschiedenen andern, selbst den strengflüssigsten, Körpern ein ähnliches Verhalten geben

1 Schweigger's Journ. LX. 1.
2 Philos. Magaz. 1803. März.
3 Poggendorff's Ann. XX. 282.

Digitized by Google

irden. Auf gleiche Weise ferner, als manche unter 0° C. ge-
erende Körper (vergl. §. 498), namentlich das Wasser, sich
im Gestehen ausdehnen, andere dagegen sich fortdauernd zu-
nmenziehen, z. B. das Oel (§. 506), ist dieses auch bei den
engflüssigern Körpern der Fall. Inzwischen herrschen hier-
er noch viele unrichtige Meinungen, denn oft sieht man die
tarrten Massen, namentlich der Metalle, auf den geschmolze-
n schwimmen[1] und betrachtet dieses als eine Folge der Aus-
hnung beim Gestehen, obgleich es nicht selten von Blasen-
men herrührt, die sich beim Erkalten bilden. So glaubte
n, das Eisen dehne sich beim Gestehen aus, allein nach
USTEN[2] ist seine Zusammenziehung ganz entschieden, wes-
gen bei der Gröfse der Formen hierauf Rücksicht genommen
rd und man dieselben um so viel gröfser macht, als nach
m Kunstausdrucke das *Schwindemafs* beträgt. Vom Zink
rd gleichfalls behauptet, es dehne sich beim Gestehen
s, allein die gemeinsten Erfahrungen ergeben, dafs es sich
elmehr beim Erkalten in den Formen zusammenzieht. Eben
ses ist der Fall beim Blei, weswegen gegossene Kugeln zu-
eilen dicht unter dem Eingufszapfen ein Loch haben. Das
ismuth dagegen dehnt sich nicht blofs selbst aus, sondern
eilt auch diese Eigenschaft den Legirungen mit. Nach MARX[3]
trägt die Gröfse der Ausdehnung $\frac{1}{53}$ des Volumens beim rei-
n Metall und wird so viel geringer, je gröfser die Quantität
r zugesetzten Metalle ist. Auch dem Schwefel wird die Ei-
nschaft des Ausdehnens beim Gestehen zugeschrieben. Ob
was der Art dann statt findet, wenn er bei höheren Wärmegra-
n als dickflüssigere Masse schnell erkaltet, ist vielleicht noch
glich, mit Sicherheit kann aber behauptet werden, dafs er
s dem gewöhnlichen Flüssigkeitszustande erstarrend sich
rklich zusammenzieht[4]; denn dieses zeigt sich, wenn man
n in Glasröhren zu Stangen giefst, die allezeit in der Mitte
ne Vertiefung erhalten und nie die Röhren, wenn nicht durch

---

1 Nach PERSOZ (in Bibl. univ. 1840, Mai) schwimmt auch das er-
rte Silber auf dem geschmolzenen.

2 Handbuch der Eisenhüttenkunde Bd. III. §. 1007.

3 Schweigger's Journ. LVIII. 454. Berzelius Jahresbericht Bd. XI.
134.

4 Vergl. MARX in Schweigger's Journ. LX. 1 ff.

Digitized by Google

die Erhitzung derselben, zersprengen, vielmehr sich leicht und mit glatter Oberfläche von ihren Wandungen ablösen. Die meisten über 0° C. gestehenden Körper, namentlich die Metalle, nehmen ein krystallinisches Gefüge an, wie das Eis; nur bei den Fetten und einigen andern Substanzen ist dieses nicht der Fall. Unter den Metallen zeigen einige, als Wismuth, Antimon und Zink, dem bloſsen Auge ein auffallendes krystallinisches Gefüge, sichtbar ist dieses gleichfalls beim Gufseisen und dem Stahle, bei den andern Metallen weniger, weil, wie beim Eise, die Zwischenräume zwischen den anfangs gebildeten Krystallen durch flüssige, später gestehende Massen ausgefüllt werden und daher der Bruch nicht mehr deutliche Kennzeichen der Krystallisation enthält. Da aber das so ausnehmend dünne Quecksilber bei den ersten Versuchen (§. 504), dasselbe zum Gefrieren zu bringen, sich krystallinisch zeigte und Muschenbroek[1] beim Golde deutliche Krystalle wahrnahm, so dürfen wir schlieſsen, daſs allen Metallen diese Eigenthümlichkeit zukommt. Man gewahrt dieses am besten, wenn man den Augenblick benutzt, in welchem die geschmolzenen Metalle nur zum Theil erstarret sind, dann die feste Hülle durchstöſst und den noch flüssigen Theil ablaufen läſst, wo sich dann im Innern eigentliche Krystalle oder krystallinisches Gefüge zeigt[2]. Endlich giebt es Körper, welche bei den tiefsten Graden der Kälte bis zu den höchsten Graden der Hitze, wenn nicht gleichzeitig ein ungewöhnlicher äuſserer Druck statt findet, aus dem Zustande der Festigkeit nicht zur tropfbaren Flüssigkeit, sondern zur Expansion übergehen. Wir können die Kohlensäure, obgleich sie aus der Gasform erst flüssig gemacht und dann fest wird, als einen solchen Körper betrachten, nicht minder das Chlor, das Iod[3] und andere, und ebenso werden verschiedene animalische

---

1 Trommsdorff's Handbuch der gesammten Chemie. Erf. 1[illegible] Bd. IV. S. 4.

2 In den Handbüchern der Chemie wird bei jedem Metalle die Krystallform angegeben, wobei sich von selbst versteht, daſs die Beobachtung der Krystallisation bei denjenigen Metallen nicht blos schwierig, sondern im eigentlichen Sinne unmöglich ist, die sich rein gar nicht flüssig darstellen lassen, oder in solcher Hitze, wobei diese Beobachtung wegfallen muſs.

3 Das Iod schmilzt nach Gay-Lussac bei 107° C., wenn man es aber in einer verschlossenen Röhre erhitzt, so steigt es sofort als violetter Dampf auf.

Digitized by Google

d (vegetabilische Substanzen, aufser die Fette, durch Hitze
ht tropfbar-flüssig, sondern sofort gasförmig. Merkwürdig ist
bei, dafs die Metalle, unter denen man hierzu meistens Stahl,
ld und Platin wählt, durch einen starken Batteriefunken un-
ttelbar aus der Festigkeit in Dampf verwandelt werden.

512) Zur Angabe der einzelnen Schmelzpuncte eignet sich
e tabellarische Zusammenstellung am meisten, und diese folgt
her, soweit die Bestimmungen bis jetzt mehr oder weniger
nau bekannt sind. Bei solchen Körpern, welche Glühhitze
m Flüssigwerden erfordern, sind die Angaben wegen der
nzuverlässigkeit oder eigentlichen Unrichtigkeit der bis jetzt
Anwendung gebrachten pyrometrischen Mittel am wenigsten
her. Zwar widersteht kein bekannter Körper der enormen
itze des *Knallgasgebläses*, und würde dieses sicher dann nicht
n, wenn man eine dicke Flamme dieses Gebläses anzuwen-
n vermöchte, allein manche Körper schmelzen hierdurch nicht,
ndern sie verbrennen, wie namentlich Eisen und Platin, ob-
hl letzteres sich mit einigem Verluste in Folge der Ver-
ennung durch dieses Mittel zusammenschmelzen läfst, andere
erden zwar flüssig, aber man vermag die dadurch erzeugte
itze nicht zu messen und die Schmelzpuncte der dadurch
issig gewordenen Körper bleiben daher unbekannt.

Unter den Körpern, die rücksichtlich ihrer Schmelzbarkeit
e Aufmerksamkeit vorzugsweise in Anspruch genommen ha-
n, verdient das Platin zuerst genannt zu werden, da es in
der andern Beziehung so vortrefflich ist und sein Werth eben
durch noch bedeutend erhöhet wird, dafs es den stärksten
raden der Hitze widersteht, ohne wie das Eisen zu rosten,
gleich aber wegen dieser seiner Strengflüssigkeit nicht in die-
nigen Formen gebracht werden kann, die zum verlangten Ge-
anche erforderlich sind. Inzwischen hat Wollaston[1] ein
ittel angegeben, dieses Hindernifs zu beseitigen. Zu diesem
nde mufs man das Platin in verdünntem Königswasser lang-
m mit allmälig verstärkter Hitze auflösen, um die Mitauf-
sung des Iridiums zu verhindern, und warten, bis das feine
idiumpulver sich abgesetzt hat. Die Auflösung wird durch
lmiak niedergeschlagen, der Niederschlag gewaschen und ge-

---

1 Philos. Magaz. and Ann. T. V. p. 65. Poggendorff's Ann. V. 299.

Digitized by Google

preſst und dann sorgfältig erhitzt, um den Salmiak zu verflüchtigen. Die so erhaltene Masse wird mit den Händen und demnächst mit einem hölzernen Pistill in einem hölzernen Mörser zerrieben, damit die Theilchen durch eine härtere Substanz nicht eine polirte Oberfläche erhalten, die das Zusammenschweifsen in der Hitze verhindern würde. Endlich wird die Masse nochmals gewaschen; man erhält dann, nachdem das Wasser abgegossen worden ist, um etwa vorhandene Unreinigkeiten zu entfernen, ein graues, schlammiges Pulver, welches man in eine messingene, nach unten etwas verjüngte Form bringt und zuerst mit einem hölzernen Stempel und Hammer, dann aber mit einem eisernen Stempel unter einer starken, am besten hydraulischen, Presse zusammendrückt. Durch dieses Verfahren gewinnt man einen metallischen Zain, welchen man zuerst über einem Kohlenfeuer ausglüht, dann der stärksten Hitze aussetzt und mit einem schweren Hammer schlägt. Das so dargestellte Metall läfst sich dann durch Treiben in beliebige Formen bringen.

Gleich strengflüssig ist das *Iridium*, doch schmolz Children mit seiner Volta'schen Riesensäule kleine Stückchen desselben zu Kugeln; mit dem Knallgasgebläse bewirkte zwar Berzelius die Schmelzung, allein das Metall senkte sich in den flüssig gewordenen Thon, der zur Unterlage diente, unverändert hinab. Dagegen gelangte Bunsen[1] zur vollständigen Schmelzung desselben, indem er sich einer Kohle zur Unterlage bediente und das mächtige Knallgasgebläse anwandte, welches Döbler für sein *Cary'sches Mikroskop*[2] benutzt. Andere strengflüssige Metalle liefsen sich durch die enorme Hitze dieses Gebläses gleichfalls wohl zum Schmelzen bringen, wenn sie sich nicht, wie z. B. das Magnium, zu schnell oxydirten, weswegen sie verbrannten, aber nicht schmolzen. So verbrennt auch der Kohlenstoff als Diamant und sonst als reine Kohle, ohne zu schmelzen; durch erdige und metallische Beimischungen dagegen, wie im Graphit, wird er schmelzbar, und verwandelt sich im Knallgasgebläse in eine mehr oder weniger durchsichtige Glasperle. Inzwischen

1 Poggendorff's Ann. XLI. 207.

2 Dieses Mikroskop, meistens *Knallgasgebläse-Mikroskop* genannt, gleicht einem Sonnenmikroskope, jedoch geschieht die Beleuchtung nicht durch die Sonne, sondern durch eigens bereitete Kreidekegel, gegen welche der Strom des Knallgasgebläses gerichtet ist.

Digitized by Google

hauptet Silliman[1] wo nicht eine Schmelzung, doch eine rflüchtigung der Kohle bewirkt zu haben. Als er bei Anwen- ng eines mächtigen Hare'schen Deflagrators den Versuch mit n Kohlenspitzen anstellte, bemerkte er an der Kohle des ne- iven Rheophors eine Verminderung; es war eine kleine rtiefung entstanden und an der Spitze des positiven war e Art Schmelzung sichtbar, wonach also ein Theil von der tern zur letztern in Dampfform übergegangen und an dem ztern festgeschmolzen seyn müfste. Das Schmiedeeisen ist ichfalls unschmelzbar und wird zwar im Knallgasgebläse flüssig, nn es nimmt die Kugelform an, verbindet sich dabei aber so nell mit dem Sauerstoff, dafs man es eigentlicher für ver- nnt als für geschmolzen halten mufs.

513) Wie schon bemerkt, sind die Bestimmungen der hmelzpuncte höchst strengflüssiger Körper sehr unsicher, und mittelst des Wedgwood'schen Pyrometers gefundenen, ob- ich sie lange Zeit als genau galten, haben gegenwärtig ihren edit gänzlich verloren. Es würde daher nicht der Mühe rth seyn, sie auf Centesimalgrade zu reduciren, auch scheint mir geeigneter, sie für sich hier blofs voranzustellen[2], weil raus mindestens die relative Schmelzbarkeit hervorgeht.

Substanzen.	Scale nach Wedgwood	Fahrenheit
enze von Wedgwood's Scale .	240°	32277°
öfste Hitze eines Porcellanofens, worin ächtes Nanking-Porcellan nicht schmolz	160	21877
inesisches Porcellan, beste Sorte, erweicht	156	21357
lfseisen schmilzt gänzlich . .	150	20577
ssischer Tiegel schmilzt . . .	150	20577
istol-Porcellan schmilzt nicht völlig	135	18627
lfseisen beginnt zu schmelzen .	130	17977
öfste Hitze einer Schmiedeesse .	125	17327
rkste Hitze eines Tafelglas-Ofens	124	17197

1 Amer. Journ. of Sc. and Arts. T. V. p. 108. Edinburgh Phi- . Journ. N. XV. S. 187.

2 Man findet sie in Philos. Trans. T. LXXIV. J. 1784. p. 870, Murray System of Chemistry und daraus in Hrasckel Art. *Heat* in cyclop. metrop. p. 882.

Digitized by Google

Substanzen.	Scale nach Wedgwood	Fahrenheit
Porcellan (*Bow porcelain*) verglaset	121°	16807°
Chinesisches Porcellan, schlechteste Sorte, erweicht	120	16677
Stärkste Hitze eines Flintglas-Ofens	114	15897
Porcellan von Derby verglaset . .	112	15637
Steingut sintert zusammen . . .	102	14337
Schweifshitze des Eisens, stärkste .	95	13427
— — — schwächste	90	12777
Erdenwaare erweicht	86	12257
Schwächste Hitze eines Flintglas-Ofens	70	10177
Werkofen-Hitze für Tafelglas . .	57	8487
Holländisches Steingut erweicht .	41	6407
Feines Gold schmilzt	32	5237
Arbeitsofen für Flintglas	29	4847
Feines Silber schmilzt	28	4717
Schwedisches Kupfer schmilzt . .	27	4587
Messing schmilzt	21	3807
Hitze zum Einbrennen des Email .	6	1857
Rothglühen bei Tage sichtbar . .	0	1077

Ungleich genauer und daher auch weit sicherer sind diejenigen Bestimmungen, welche Daniell[1] mittelst seines Pyrometers erhalten hat, die jedoch auf die jetzt erreichbare Genauigkeit gleichfalls keine genügenden Ansprüche machen können.

Metalle	Schmelzpuncte nach Daniell: Daniell's Scale	Fahrenheit	Celsius
Gufseisen . . .	497°	3479°	1915
Gold	370	2590	1421
Kupfer	364	2548	1398
Silber	319	2233	1222
Messing	267	1869	1015
Zink	94	648	342
Blei	87	609	320
Wismuth . . .	66	462	239
Zinn	63	441	227
Quecksilber siedet .	92	644	340

1 Journal of Sciences N. XXII. p. 309. Philos. Trans. 1830 and 1831. Philos. Mag. Ser. II. T. X. p. 191. 268. 350. Ser. III. T. I. p. 197.

Digitized by Google

i weitem die genauesten und jetzt allein als gültig zu be-
chtenden Bestimmungen der höchsten Schmelpuncte und Hitze-
ıde sind diejenigen, welche Pouillet[1] mittelst seines Pyro-
s gefunden hat, die nicht blofs die Schmelzpuncte einiger
talle, sondern auch sonstige sehr hohe Hitzegrade enthalten.
sind folgende in Centesimalgraden, können jedoch nur als
ıähernd genau gelten, da die Unterschiede, mit Ausnahme
ı zwei Bestimmungen, 100 Grade betragen.

Schmelzpuncte und Glühen.	Hitze
Eisen	1600° C.
	1500
Stahl, der am schwersten schmelzbare	1400
— der am leichtesten schmelzbare	1300
Graues Gufseisen, schwer schmelzbar	1200
— — leicht schmelzbar	1100
Weifses Gufseisen, schwer schmelzbar	1100
— — leicht schmelzbar	1050
Gold	1200
Silber	1000
Blendendes Weifsglühn	1600
	1500
Helles Weifsglühn	1400
Weifsglühn	1300
Helles Orangeglühn	1200
Dunkles Orangeglühn	1100
Helles Kirschrothglühn	1000
Kirschrothglühn	900
Anfangendes Kirschrothglühn	800
Dunkles Rothglühn	700
Anfangendes Rothglühn	525

Für eine Menge Körper sind die Schmelzpuncte mit grö-
rer oder geringerer Genauigkeit bekannt. Die hierüber gang-
en Bestimmungen sind in der folgenden Tabelle zusammen-
tellt, wobei die zugleich genannten Beobachter einen unge-
ren Anhaltpunct der Richtigkeit und Genauigkeit abgeben.
hmen wir dann Pouillet's Bestimmung für Eisen als min-
tens sehr genähert an, so können wir die Schmelzpuncte
r derjenigen Körper, die nur im stärksten Essenfeuer flüssig
rden, zwischen 1500 und 1600 setzen; nach blofser Schätz-

1 S. Art. *Thermometer*. Bd. IX. S. 1014.

Digitized by Google

ung dürfte dann, wenn man den Lichtglanz der Glühhitze als ungefähren Mafsstab annimmt, der Schmelzpunct derjenigen Körper, die im Knallgasgebläse oder im Strome der Volta'schen Säule flüssig werden, auf 1800° C. zu setzen seyn. Bei den angegebenen Schmelzpuncten ist daher zu berücksichtigen, dafs eben die sehr hohen nur für genähert zu halten sind, da selbst Pouillet die von ihm gefundenen, hierbei zu Grunde liegenden, für nichts anderes ausgiebt.

Körper.	Schmelzpunct	Beobachter.
Kohle?	1800° C.	Silliman
Boron?	1800	
Strontian[1]? . . .	1800	
Yttererde?	1800	
Osmium	1800	
Strontium	1800	Davy
Baryum	1800	Clarke
Iridium	1800	Bunsen
Uran	1800	Clarke
Titan	1800	Clarke
Magniumoxyd . . .	1800	Clarke
Cerium	1800	Clarke
Kalk[2]	1800	Clarke
Rhodium	1750	Clarke
Titanoxyd (Rutil) .	1750	Pfaff
Alaunerde	1700	Stromeyer
Kieselerde	1700	Clarke
Zirkonerde	1700	Clarke
Zirkonerde mit etwas Kali	1500	Berzelius
Tantalerde	1600	Berzelius
Süfserde	1600	Davy
Platin	1700	Clarke
Palladium	1700	Vauquelin
Eisen	6346	Morveau
	1600	Pouillet

1 Wenn Buchholz ätzenden Baryt und kaustischen Strontian in der Rothglühhitze geschmolzen haben will, so waren dieses Hydrate S. Gehlen's Journ. Bd. IV. S. 258 u. 661.

2 Hall und Buchholz wollen kohlensauren Kalk in einem Tiegel unter nicht starkem Drucke geschmolzen haben. Gehlen's Journ. Bd. I S. 271. Unreiner Kalk erleidet allerdings im Kalkofen eine Schmelzung, allein Kalkspath und selbst Kreide schmilzt nur unvollkommen oder sehr schwer im Knallgasgebläse, mit Kieselerde dagegen leicht.

Digitized by Google

Körper	Schmelz-punct	Beobachter
balt	1500° C.	
kel	1500	Richter
eel	1500	Buchholz
lybdän	1500	Buchholz
om	1500	Vauquelin
gan	1500	John
l	1400 1300	Pouillet
d	1200	Pouillet
seisen, graues .	1200 1100	Pouillet
weifses .	1100 1050	Pouillet
fer	1050	
er	1000	Pouillet
mium	500	Stromeyer
imon	513	Guyton-Morveau
	432	Dalton
lur	400	Klaproth[1]
te eines gewöhn-chen Feuers . .	400	Irvine
k schmilzt . . .	371	Murray
	374	Guyton-Morveau
. . . . .	310	Irvine
	312	Guyton-Morveau
	262	Biot
muth	265	Erman
	247	Irvine
	249	Crichton
. . . . .	267	Guyton-Morveau
	228	Crichton
	223	Erman
nell-Loth (4 Th. lei, 6 Th. Zinn)[2]	169	Prechtl
e'sches Metall (8 h. Wism., 8 Th. lei, 3 Th. Zinn)[3]	95	Prechtl
e'sches Metall . .	94	Erman
wefel	111	Mitscherlich

1 Die Bestimmung heifst: leichter als Antimon, schwerer als Blei.

2 Alle andere Mischungen dieser beiden Metalle schmelzen erst höheren Temperaturen.

3 Auch diese Mischung ist unter allen die leichtflüssigste.

Digitized by Google

Körper	Schmelzpunct	Beobachter
Schwefel	108° C.	Dumas
	108	Dalton
	104	Berzelius
Iod	107	Gay-Lussac
Selen	102	Berzelius
Natrium	90	Gay-Lussac u. Thénard
Kalium	58	Gay-Lussac u. Thénard
Campfer	175	Gay-Lussac
Wachs	61,5	
Spermaceti	56,1	
Phosphor	42,8	Thénard
	37,8	Murray
	40,0	Plac. Heinrich
Stearin	21,3	Bellani
vom Hammel schmilzt	61,0	Braconnot
gesteht	44,0	Chevreul
vom Ochsen schmilzt	57,5	Braconnot
Talgsäure	75,0	Chevreul
Margarinsäure . . .	60,0	Chevreul
Margarinfett . . .	49,0	Chevreul
Hammeltalg . . .	40,0	Braconnot
Rindstalg	40,0	Braconnot
Schweineschmalz . .	40,5	Vogel
	31,0	Chevreul
Gänse- und Entenschmalz	25,0	Braconnot
Cetine	49,0	Chevreul
Wallrath	45,0	Chevreul
Butter	32,0	Chevreul
Olivenöl . . unter	10,0	Schübler
	5,3	Bellani
Rübsamenöl, beginnende Erstarrung . . .	1,0	
Süfsmandelöl . . .	— 21,0	Schübler
feines .	— 9,0	Ross
Mohnöl und Nufsöl[1] gefriert	— 20	Schübler
schmilzt	— 3	

1 Die fetten Oele und Fette erleiden durch Kälte eine Zerst[ung], indem leichter *gestehende* (nicht eigentlich gefrierende) Bestan[dtheile] derselben abgeschieden werden und erhärten, die eine V[er]dickung herbeiführen und in steigender Wärme nicht leicht wied[er] zerfliefsen, weswegen die Bestimmungen der Gefrier- oder Schm[elz]puncte, insbesondere wenn man die wechselnden Mischungsverhältn[isse] berücksichtigt, schwer bestimmbar sind.

Digitized by Google

Körper	Schmelz-punct	Beobachter
elsäure	— 3° C.	Chevreul
rpentinöl, rectif. unter	— 27	Marqueron
ssafrasöl	— 30,6	Parry
asserhyperoxyd unter	— 30,0	Thénard
lzwasser (spec. Gew. 1,02)	— 1,5	Erman
(spec. Gew. 1,01)	— 0,63	Erman
ewasser (spec. Gew. 1,027)	— 2,55	Despretz
	— 2,88	Erman
	— 5,00	Parrot
lzwasser (Wasser mit 0,008 Salz) . . .	— 1,21	Despretz
sigsäure, Eisessig .	22,5	Mollerat
	16,0	Lowitz
	21,3	Bellani
sig, nach dem Grade der Concentration bei größerer Kälte . .	— 2,0	
	— 30,0	
wefelsäure[1], concentrirte	— 40	Parry
mit 0,5 Wasser verd.	— 34,5	Parry
wefelsäure . . .	19	Vogel
	25	Bussy
doppelt gewässerte (spec. Gew. 1,78)	7,5	Dalton
rdhäuser Vitriolöl .	2	Bussy
meine Schwefelsäure (spec. Gew. 1,845)	— 25	
chsisches Vitriolöl	0	Bellani
(spec. Gew. 1,84)	11,3	
erd. (spec. Gew. 1,78)	8,0	Bellani
wefelsäure, englische		
verd. (spec. Gew. 1,78)	5,25	Berzelius
drothionsäure . unter	— 17,8	Faraday
weflige Säure .	— 78,9	Mitchell
petersäure, concentr.	— 45,5	Parry
	— 54,0	Fourcroy u. Vauquelin
erd. (spec. Gew. 1,26)	— 28,9	Parry
— (spec. Gew. 1,3)	— 19,0	Dalton

1 Die Schmelzpuncte der Schwefelsäure werden von unverwerflichen Autoritäten so verschieden angegeben, dafs die Bestimmungen möglich von den nämlichen Substanzen gelten können. Die Aufgabe diente eine genaue Revision,

Digitized by Google

Körper	Schmelz-punct	Beobachter
Brom	— 25° C.	Liebig
Salzsäure . . . unter	— 40	
Chlorstickstoff . unter	— 40	Porret
Chlorkohlenstoff . unter	— 18	Faraday
Chlorcyan	— 10	Gay-Lussac
Chlorzinn	— 45	Parry
Chlorphosphor . .	— 44	Parry
Schwefelblausäure .	— 12,5	Porret
Blausäure	— 15,0	Gay-Lussac
Quecksilber . . .	— 37,5	Kraft u. Euler
	— 35,0	Ross
	— 39,0	
	— 39,45	Hutchins
	— 40,5	Pouillet
Ammoniak	— 49,0	Fourcroy u. Vauquelin
	— 47,8	Guyton-Morveau
Schwefelkohlenstoff unter	— 45	Parry
unter	— 52	Gay-Lussac
Salpeteräther . . .	— 52	Parry
Schwefeläther . unter	— 98,9	Mitchell
Alkohol . . . unter	—100	Thilorier

3) Dampfbildung, Verdunstung, Sieden.

Eine dritte, sehr wichtige Wirkung der Wärme ist die Dampfbildung. Was man unter *Dampf* zu verstehen habe und inwiefern sich derselbe von den Gasen unterscheiden lasse, ist bereits [1] angegeben worden, und so wie man den Flüssigkeitszustand

---

1 S. Art. *Dampf*. Bd. II. S. 282. Es wurde oben Bd. II. S. 648 der Unterschied zwischen *Dampf* und *Dunst* so festgesetzt, dafs Dampf die völlig durchsichtige, Dunst die nicht völlig durchsichtige elastische Flüssigkeit bezeichne. Manche geben der umgekehrten Bezeichnung den Vorzug, und August in Poggendorff's Ann. XIII. 122 findet ein Argument hierfür in dem Umstande, dafs niemand *Ausdampfung* statt *Ausdünstung* sage. Diesem Argumente liefse sich entgegensetzen, dafs ebenso wenig jemand Dunstkanone, Dunstschifffahrt und Dunstwagen sagen würde, was doch geschehen müfste, wenn man den Wasserdampf, dessen Elasticität hierbei das bewegende Mittel ist, Dunst nennen wollte. Ursprünglich hiefsen die wegen ihrer Leichtigkeit schwebenden, eigentlich nicht völlig expandirten Stoffe, die sich als Wolken, Nebel, Höhrauch u. s. w. zeigen, Dünste, und insbesondere spielten die schwefligen und öligen Dünste eine grofse Rolle, die zugleich auch

Digitized by Google

r Körper als eine Folge der Auflösung ihrer Molecüle in ärmestoff betrachten kann, darf dieses auch von den Dämpfen genommen werden. In der Regel sind es Flüssigkeiten, mit sich der Wärmestoff verbindet und die er dadurch in mpf verwandelt, welche Wirkung mit solcher Intensität tt findet, dafs die Temperatur der Oberfläche durch Abgabe rer Wärme merklich unter die der angrenzenden Lagen herab- ht; inzwischen zeigt sich die Geneigtheit der Wärme zur mpfbildung auch dadurch, dafs sogar die Molecüle fester örper in den Zustand der Expansion versetzt werden. Ge- hieht dieses entweder von selbst oder hauptsächlich mittelst nstlicher Vorrichtungen bei trocknen Körpern, wobei sich die rflüchtigten Theile dann, nach Abgabe ihrer Wärme, wieder kältere Körper abzusetzen pflegen, so bezeichnet man dieses rch den Ausdruck *Sublimation*.

a) Verdunstung.

514) Die Verwandlung der Körper in expansible oder ela- sche Flüssigkeiten findet im Allgemeinen statt, wenn die ärme der Körper eine höhere Spannung hat, als die der Um- bung, der Wärmestoff sich daher von diesen Körpern los- st und einen Theil ihrer Molecüle in Folge seiner Adhä- n zu denselben mit sich fortführt. Dieser Procefs mufs um so

---

n vorhanden seyn konnten, wenn man sie nicht sah, also im Zu- nde völliger Expansion. Die aus Wasser und sonstigen siedenden ssigkeiten aufsteigenden Blasen nannte man *Luft* und hielt sie auch für. Allerdings heifst in einigen Gegenden des nördlichen Deutsch- nds in der niederdeutschen Volkssprache der Rauch des brennenden olzes Dampf, was für August's Meinung entscheiden würde, allein in ueren Zeiten sind die Wortbedeutungen schärfer bestimmt worden. ernach haben wir die permanenten Gase und die Luft als eine specielle rbindung; durch die vielfache technische Anwendung ist der Begriff s Wortes *Dampf* festgestellt worden, und hieraus ergiebt sich die Be- utung des Wortes *Dunst* von selbst. Dafs im Sprachgebrauche noch die sdrücke: *Ausdünstung* und *Verdunstung*, welcher letztere schon durch n richtigern: *Verdampfung* verdrängt zu werden anfängt, beibehalten rden, kann nicht entscheiden, denn auf ähnliche Weise nennen wir ch Körper schwerer, was sie nicht seyn können, da sie vielmehr efs von gröfserem Gewichte (gewichtiger) sind. Sonach ist der von ir gewählte Sprachgebrauch in Beziehung auf die gegenwärtig gang- ren Ausdrücke und deren Bedeutung wohl gerechtfertigt.

Digitized by Google

viel rascher vor sich gehn, je gröfser die vorhandene Menge des hierzu erforderlichen Wärmestoffs ist, und je geneigter die gegebenen Körper sind, den Zustand der Expansion anzunehmen, was durch das Verhältnifs der Anziehungskraft ihrer Molecüle unter sich und der Repulsivkraft ihrer Wärmemolecüle bedingt wird. Inwiefern hiermit das *Sieden* in nothwendiger Verbindung stehe, wird demnächst angegeben werden; zunächst beschränken wir uns hier auf diejenige Dampfbildung, welche bei Flüssigkeiten unter ihrem Siedepuncte statt findet und durch den speciellen Namen *Verdunstung* bezeichnet zu werden pflegt. Diesem wichtigen Probleme ist oben ein eigner Artikel gewidmet worden[1], und es wird daher genügen, hier nur noch einige Bemerkungen und zwar in nächster Beziehung auf den Einfluls hinzuzufügen, welchen die Wärme auf die Verdunstung des Wassers ausübt[2]. Wie leicht die Wärme einen Theil des Wassers in Dampf verwandle und mit sich fortführe, geht schon daraus hervor, dafs die Verdampfung auch dann nicht aufhört, wenn das Wasser, mindestens seine Oberfläche, kälter ist, als die umgebende Luft, und schon Richmann[3] stellte eine Reihe von Versuchen an, wodurch er die Stärke der Verdunstung des Wassers von niedrigerer Temperatur als die der umgebenden Luft auszumitteln suchte. Hierbei kommt, wie kaum der Erwähnung bedarf, hauptsächlich die Begierde in Betrachtung, womit die nicht gesättigte Luft den gebildeten Wasserdampf in sich aufnimmt. Uebrigens wufste Richmann sehr wohl, dafs die Dampfbildung eine Function der Wärme sey, und er bemühte sich daher, das Verhältnifs der Verdunstungsgröfse zum Unterschiede der Temperaturen des Wassers und der umgebenden Luft durch Versuche aufzufinden[4], wobei er jedoch zu keinem bestimmten Gesetze gelangte, weil zugleich die Trockenheit der Luft einen sehr bedeutenden Einfluls ausübt. Dagegen suchte Flaugergues[5] die Wirkung der Wärme für sich allein zu ermitteln, indem er bei gleichem Barometerstande und gleicher hygrometrischer Beschaffenheit der ruhigen Zimmerluft in gleichmäfsiger Temperatur Wasser aus Gefäfsen

1 S. Art. *Verdunstung*. Bd. IX. S. 1720.
2 Vergl. ebendaselbst S. 1743.
3 Nov. Comm. Petrop. T. II. p. 145.
4 Nov. Comm. Petrop. T. I. p. 199.
5 Journ. de Phys. T LXX. p. 150.

Digitized by Google

n gleich grofser Oberfläche verdunsten liefs, die Zeiten und Höhen der Verdunstung genau mafs und auf 24 Stunden lucirte. Nach der 80theiligen Scale gehörten zu 0° Tempeur 4,4 Lin. und zu 31° R. 72,2 Lin. eines durch CANIVET in 00 Theile getheilten Mafsstabes. Wurden die Thermometergrade Abscissen, die Verdunstungshöhen als Ordinaten genommen, bildete die durch die Endpuncte gezogene Linie eine logaumische Curve. Es ist aber Log. 4,4 = 1,4816045 und g. 72,2 = 4,2863414, und hiernach die Subtangente der Curve rch die Proportion

$$4{,}2863414 - 1{,}4816045 : 31 - 0 = 1 : \text{Subtang.}$$

geben, welches die Subtangente = 11,0527301 giebt. Für Abscisse = x, die Ordinate = y und die Subtangente S ist

$$S\,\partial y = y\,\partial x,$$

lches integrirt für x = 0 und y = 4,4

$$y = 4{,}4 \cdot (2{,}7182818)^{\frac{x}{11{,}0527301}}$$

bt. Die beobachteten und hiernach berechneten Werthe stellt AUGERGUES in folgender Tabelle zusammen:

Grade	beobacht.	berechn.	Untersch.	Grade	beobacht.	berechn.	Untersch.
0° R.	4,4	4,4	0,0	16	17,8	18,7	+ 0,9
1	4,5	4,8	+ 0,3	17	19,4	20,5	+ 1,1
2	4,4	5,3	+ 0,9	18	22,0	22,4	+ 0,4
3	5,9	5,8	— 0,1	19	24,8	24,6	— 0,2
4	6,8	6,3	— 0,5	20	27,3	26,9	— 0,4
5	7,3	6,9	— 0,4	21	30,2	29,4	— 0,8
6	7,4	7,6	+ 0,2	22	32,0	32,2	+ 0,2
7	8,0	8,3	+ 0,3	23	35,6	35,2	— 0,4
8	9,6	9,1	— 0,5	24	38,9	38,6	— 0,3
9	10,3	9,9	— 0,4	25	42,0	42,2	+ 0,2
10	10,0	10,9	+ 0,9	26	46,8	46,2	— 0,6
11	10,9	11,4	+ 1,0	27	51,0	50,6	— 0,4
12	13,2	13,0	— 0,2	28	55,7	55,4	— 0,3
13	14,0	14,3	+ 0,3	29	61,0	60,7	— 0,3
14	15,9	15,6	— 0,3	30	66,9	66,4	— 0,5
15	16,4	17,1	+ 0,7	31	72,7	72,7	0,0

giebt aufserdem noch verschiedene Versuche, wodurch man Stärke der Verdunstung durch höhere Wärmegrade auszu-

Digitized by Google

mitteln suchte, z. B. von Hassenfratz[1], sie können aber hier übergangen werden, da sie mehr der Dampferzeugung als der eigentlichen Verdunstung angehören.

515) Noch weit mühsamere Versuche stellte Flaugergues[2] an, um den Einfluss der Trockenheit für sich zu ermitteln. Zu diesem Ende trocknete er Luft in einer gehörig lutirten Tonne über frisch gebranntem Kalke, füllte aus dieser einen blechernen Kasten mittelst auslaufenden Sandes, stellte in denselben ein Gefäfs mit Wasser und mafs die Menge des verdunsteten Wassers mit dem angegebenen Mafsstabe. Da die Verdunstung ganz aufhören mufs, wenn die Luft mit Wasserdampf völlig gesättigt ist, so kam es hauptsächlich darauf an, das Verhältnifs der Wassermengen, welche in Luft von gegebener Temperatur enthalten seyn können, zu bestimmen. In Ermangelung der schärferen Bestimmungen, welche durch die neueren Forschungen über diese Aufgabe zu Gebote stehn[3], legte er die Angabe de Saussure's zu Grunde, wonach 10 Gran Wassers erfordert werden, um 1 Kubikfufs Luft bei 15° R. völlig zu sättigen. Durch eigene Versuche fand er dann ferner, dafs die Quantitäten Wassers, welche die Luft bei verschiedenen Temperaturen aufzunehmen vermag, ein gleiches Gesetz, als die oben gefundenen Verdunstungsmengen befolgen. Es gehören aber nach der mitgetheilten Tabelle zu 15° R. 17,1 Lin. und zu 0° R. 4,4 Lin. Verdunstungshöhen. Hiernach findet er aus der Proportion

$$17{,}1 : 4{,}4 = 10 \text{ Gran} : 2{,}6 \text{ Gran}$$

die Menge des Wassers in Dampfform, wodurch ein Kubikfufs Luft bei 0° R. gesättigt ist. Wird dann 1 Kubikzoll Wasser zu 373,5 Gran angenommen, so betragen 2,6 Gran 12 Kubiklinien, und diese im Verhältnifs zu 1 Kubikfufs genommen geben $\frac{12}{(144)^3}$. Nimmt man die in der obigen Formel enthaltenen Gröfsen mit Weglassung der höheren Potenzen hinzu, so erhält man folgende Proportion:

$$(2{,}718)^{\frac{0}{11{,}05}} \times 4{,}4 : (2{,}718)^{\frac{x}{11{,}05}} \times 4{,}4 = \frac{12}{(144)^3} : \frac{12\,(2{,}718)^{\frac{x}{11{,}05}}}{(144)^3}$$

1 Journ. de l'École polyt. T. III. p. 368.
2 Journ. de Physique T. LXX. p. 157.
3 Vergl. Art. *Dampf, Dichtigkeit desselben.* Bd. II. S. 571.

Digitized by Google

den Ausdruck der Verdunstungsmenge für x° R. bei voll-
nmener Trockenheit der Luft. Indem aber die Verdunstung
dem nämlichen Verhältnifs abnehmen mufs, in welchem die
tigung mit Wasserdampf zunimmt, so ist allgemein für z
den Grad dieser Sättigung

$$\frac{12\,(2{,}718)^{\frac{x}{11{,}05}}}{(144)^3} - \frac{z}{(144)^3}$$

Ausdruck für die Stärke der Verdunstung für x° R. und
en Grad der Sättigung = z. Wird dann z in Kubiklinien
asser genommen, welche ein Kubikfufs Luft bei der Tem-
atur = x in Graden der achtzigtheiligen Scale enthält, so
man das Verhältnifs

$$(2{,}718)^{\frac{x}{11{,}05}} : (2{,}718)^{\frac{x}{11{,}05}} - \frac{z}{12}$$

Verdunstung in völlig trockner Luft zu der in Luft, wel-
z Kubiklinien Wasserdampf enthält. Die durch Versuche
undenen Gröfsen stimmten hiermit aber nicht genügend
erein, was nicht zu verwundern ist, da die zum Grunde
genden Bedingungen der gehörigen Schärfe ermangeln. Eine
ssere Uebereinstimmung zeigte sich, wenn die zweite Gröfse

Verhältnisses in $\left((2{,}72)^{\frac{x}{11{,}05}} - \frac{z}{12}\right) \times 0{,}34$ Lin. verwandelt

rde, allein auch dann sind die Unterschiede noch gröfser,
dafs sie durch blofse Beobachtungsfehler erzeugt seyn könn-
, und Flaugergues erkennt daher die unüberwindlichen
hwierigkeiten, welche einer genauen Bestimmung des Wer-
s von z entgegenstehn, wozu die damals bekannten Hygro-
ter nicht ausreichten. Gesetzt aber, man könnte diese Gröfse
zt genauer bestimmen, so findet zugleich im Freien ein so
ständiger und schneller Wechsel der Temperaturen und Feuch-
keitsgrade statt, dafs die Formel für diesen Zweck keinen
aktischen Nutzen gewähren und blofs dazu dienen kann, das
oretische Gesetz der Verdunstung zu prüfen. Interessante
rsuche hat Schübler [1] über die Stärke der *Verdunstung des*

1 Naturwissenschaftl. Abhandlung einer Gesellschaft von Wür-
nb. Th. I. S. 211.

Digitized by Google

Eises angestellt. Hieraus ergiebt sich, dafs dieselbe weit stärker ist, als man gewöhnlich glaubt, denn im Monat Januar 1826 betrug sie bei einer mittleren Temperatur von — 7°,5 C. und im Ganzen trockner Luft 1,48 Lin., und da die des Schnees noch stärker ist, so läfst sich hieraus leicht erklären, wie es zugeht, dafs bei starker Kälte gefallener feiner Schnee, wenn heiteres Wetter und Sonnenschein folgt, bei kalter und trockner Luft so stark verdunstet, dafs er beim Schmelzen nur wenig Wasser giebt. Unter den angegebenen Bedingungen ist die Stärke der Verdunstung des Eises gröfser, als die des Wassers bei nicht hoher Temperatur und trübem Himmel, z. B. im Februar. Die durch das Gewicht bestimmte Menge des verdunsteten Eises betrug im Mittel täglich 0,05 Linien. Der Einfluſs der Wärme zeigte sich übrigens sehr auffallend, denn die stärkste Verdunstung in Juli war über zehnmal gröfser als die stärkste im Januar bei einem Wärmeunterschiede von 36°,19 C.

Die Trockenheit der Luft hat übrigens selbst auf die technischen Verdunstungsprocesse im Grofsen einen bedeutenden Einfluſs, denn nach einem Durchschnitte aus mehreren Jahren verhielt sich die Gröfse der Verdunstung bei den Salinen des Jura[1] in den feuchteren Monaten zu der in den trocknen unter gleichen Bedingungen wie 92037 zu 109824. Aufser Rumford hat insbesondere auch Hassenfratz[2] für technische Verdunstungen im Grofsen, z. B. bei Salinen, die geeignetsten Verhältnisse der Oberflächen zu den Tiefen der Behälter auszumitteln gesucht, was auch in Beziehung auf die Menge des erforderlichen Brennmaterials bei künstlich erhöhter Temperatur in Betrachtung kommt. Am vortheilhaftesten fand er die Gröfse der Oberfläche = 1250 für eine Tiefe = 8, wonach also bei einer Tiefe von 17 der Durchmesser eines runden Gefäfses = 87, die Seite eines quadratischen = 77 und die beiden

---

1 Journ. de l'École polyt. T. III. p. 367.

2 Ebendaselbst p. 364. Die Untersuchungen über die Menge des aus offenen Canälen verdunstenden Wassers, z. B. die Versuche von Freisleben in Lempe's Lehrbegriff der Maschinenlehre, so wie über die Verdunstung der Salzsoolen von verschiedenem Gehalte, s. Karsten's Archiv für Bergbau und Hüttenwesen Th. VI. und Th. IX. S. 19[illegible] gehören mehr in das Gebiet der Technologie.

Digitized by Google

ten eines länglichen 109 und 54 seyn müfsten. Wie stark igens die Verdunstung im Freien, besonders des mit Vegelien bedeckten Bodens, sey, geht aus folgender Angabe her-. GREGORY[1] brachte zum Messen des verdunstenden Was- mit Rücksicht auf die Gröfse der Oberfläche in Vorschlag, reines Glas umgekehrt mit der Oeffnung auf den Boden zu llen, nach gemessener Zeit die im Innern angesetzte Feuchkeit mit Musselin abzuwischen und ihre Menge durch das wicht zu bestimmen. Nach dieser Methode fand DONSLEY ch vergleichende Versuche die Verdunstung von Brachland h monatlicher Dürre bei ganz versengtem Grase in 12 Stun- von einem englischen Acre (von 14520 engl. Quadratfufs) 00 Gallons oder 12800 Pinten betragend. An einem Tage h gefallenem Regen betrug sie in derselben Zeit bei 35°,6 1973 Gallons oder 15544 Pinten, und wenn es acht Tage ht geregnet hatte, bei einer starken Hitze von 43°,33 C. 00 Gallons oder 22400 Pinten[2]. Ausgedehntere Versuche ser Art würden sehr interessant seyn und uns einer schärfe- Bestimmung der in der Natur statt findenden Verdunstung ner bringen; sie würden aber einen enormen Aufwand von t erfordern, sollten sich die überaus zahlreichen Bedingungen Verdunstungsmenge aus ihnen entnehmen lassen. Die von DSLEY gefundenen Gröfsen z. B. finden nur für den Fall tt, dafs der Einflufs der Temperatur und der Sonnenstrahlen hrend der 12 Tagsstunden unverändert bliebe, was schon sich unmöglich ist. So bemerkt D'AUBUISSON[3], indem er Menge des verdunsteten Wassers durch eine allgemeine Forl auszudrücken sucht, die nach DALTON's Messungen gedene Höhe des verdunsteten Wassers betrage bei ganz ruer Luft 34 Millim., könne aber unter übrigens gleichen ständen bei bewegter Luft wohl auf 50, ja sogar 60 Millim. gen. Da es aber unmöglich ist, alle die verschiedenen,

---

1 Haushaltung der Natur. Th. I. S. 120. Diese Methode giebt ne genügenden Resultate, denn die Wärme wird unter dem Glase rhältnifsmäfsig gesteigert, der Dampf wird nicht sofort weggert, und man hat anstatt der natürlichen Verdunstung einen künstlen Destillationsprocefs.

2 Die hohe Temperatur ist vermuthlich diejenige, welche die nenstrahlen auf dem Boden erzeugten.

3 Journ. de Phys. T. LXXI. p. 41.

Digitized by Google

stets wechselnden Bedingungen in einen analytischen Ausdruck aufzunehmen, so bleibt es immerhin am rathsamsten, falls man die natürliche Verdunstungsmenge an einem gegebenen Orte zu erforschen strebt, sich eines geeigneten Apparates zu bedienen, wozu im Artikel *Atmometer* die erforderliche Anweisung gegeben worden ist[1].

b) Sieden.

516) Die Dampfbildung findet vorzugsweise, namentlich bei tropfbaren Flüssigkeiten, dann statt, wenn diese sieden, so dafs man, wenn vom Dampfe die Rede ist, mitunter ausschliefslich solchen versteht, welcher in der Siedehitze erzeugt wird. Die *Siedehitze* ist diejenige, welche beim *Sieden* (*Ebullitio;* Ebullition, Bouillonnement; *Boiling*, *Seething*) oder *Kochen* statt findet, was aber das *Sieden* eigentlich sey, hält man für so allgemein bekannt, dafs man es meistens nicht für der Mühe werth achtet, dem Wesen dieses Processes nachzuforschen, dessen eigentliches Verhalten zu begreifen keineswegs so leicht ist, als wegen der allgemeinen Bekanntschaft mit den täglich vorkommenden Thatsachen vorausgesetzt zu werden pflegt. Dennoch aber ist die Menge der hierüber bekannt gewordenen Beobachtungen und Versuche so ausnehmend grofs, dafs es schwer hält, das Wichtigere unter dem minder Bedeutenden herauszufinden und übersichtlich zusammenzustellen.

Im Allgemeinen findet das Sieden der Flüssigkeiten dann statt, wenn die aus denselben gebildeten Dämpfe einen solchen Grad der Elasticität erlangen, dafs sie nicht blofs die über ihnen befindlichen Lagen der Flüssigkeit, sondern auch die hierauf drückenden elastischen Medien, namentlich die atmosphärische Luft, mit Leichtigkeit emporzuheben vermögen und daher in Folge ihres schnellen Aufsteigens aus der jedesmaligen Flüssigkeit dasjenige eigenthümliche Aufwallen derselben bewirken, wodurch das Sieden kenntlich wird. Sofern insbesondere bei Gefäfsen von verhältnifsmäfsig grofser Oberfläche di

---

1 Beiläufig möge hier noch die Thatsache nachgetragen werden, dafs auch Dalton den im Art. *Verdunstung* Bd. IX. S. 1722 erwähnten *Geruch* mancher, namentlich metallischer Körper von losgerissenen also verdampften, Partikelchen abzuleiten geneigt ist, s. Bibl. Br. T. XX. p. 336.

Digitized by Google

mpfbildung nicht blofs in den unteren Schichten, sondern in
ı sämmtlichen, gleichmäfsig erhitzten, statt findet, oder bei
ht beträchtlicher Dicke dieser Schichten ihr Druck nicht sehr
Betrachtung kommt, pflegt man diesen zu vernachlässigen
l den Siedepunct in diejenige Temperatur zu setzen, bei
lcher die Elasticität der Dämpfe die der atmosphärischen
ft erreicht hat. Uebergehn wir die früheren ganz unange-
ssenen Vorstellungen, welche die älteren Physiker in Ge-
fsheit ihrer unrichtigen Ansichten über das Wesen der Wär-
hegten, so wurde der Procefs des Siedens schon früh ge-
gend erkannt. Ehemals glaubte man, das Sieden bestehe in
em Aufsteigen der an das Wasser gebundenen Luft, und
LLET[1] war wohl der erste, welcher die später aufsteigenden
sen nicht für Luft, sondern für Dampf hielt. Wie wenig
au man aber damals das eigentliche Wesen der Phänomene
annte, geht deutlich aus MUSSCHENBROEK's[2] Aeufserungen
r das Sieden hervor. Nach ihm ist es das Feuer, welches
angs fadenartig, später flockig in Gestalt von Bläschen auf-
igt und sich allseitig ausbreitet. Zugleich aber sollen die
sen, die sich am Boden der Gefäfse bilden, aus Feuer und
mpf bestehn, worin die Wassertheilchen durch Berührung
Feuers verwandelt werden, und weil das Feuer nur eine
visse Menge Dampf aufzulösen vermag, so verbreitet sich
überflüssige durch die gesammte Masse und reifst aus dem
sser eine gewisse Menge Theile in Gestalt des Dampfes mit
fort. Später, in der letzten Hälfte des vorigen Jahrhun-
ts, hielt man allgemein den Dampf für eine Verbindung der
pfbaren Flüssigkeiten mit Wärme, und der Unterschied der
schiedenen Vorstellungen beruhte hauptsächlich auf der Fra-
ob diese Verbindung als eine chemische, also als eine ei-
tliche Auflösung, zu betrachten sey oder nicht. Gegen-
rtig hat dieser, am Ende des letzten Jahrhunderts mit Hef-
keit geführte Streit[3] kein Interesse mehr, auch ist nicht
iter die Rede von der Mitwirkung der Elektricität, die man
t MUSSCHENBROEK bei der Dampfbildung als nothwendig

---

1 Mém. de l'Acad. 1748. p. 57. Eine Vorstellung vom Wasser-
mpfe, als einer Verbindung des Feuers mit irgend einer Flüssig-
t, namentlich dem Wasser, hatte man schon seit NEWTON. S. §. 2.

2 Introd. ad Philos. Nat. §. 1455.

3 Vergl. Art. *Regen*. Bd. VII. S. 1214.

Digitized by Google

mitwirkend annahm, vielmehr betrachtet man den Dampf als eine Verbindung der Wärme und der Flüssigkeiten in der Weise, dafs die Repulsivkraft der Wärme die Anziehungskraft der Körpermolecüle merklich übertrifft und letztere daher sich stets weiter von einander entfernen, wenn sie nicht durch äufseren Druck zusammengehalten werden.

517) Aus diesen allgemeinen Principien werden dann auch die Phänomene des Siedens leicht erklärt. Setzt man ein Gefäfs mit einer Flüssigkeit, wir wollen zum besseren Anhaltpuncte Wasser nehmen, der Einwirkung des Feuers (der Hitze) aus, so dringt die erzeugte Wärme durch die Wandungen des Gefäfses und theilt sich den berührenden Theilchen mit, welche dadurch specifisch leichter werden, demnach aufsteigen und somit, ungeachtet des schlechten Leitungsvermögens der Flüssigkeiten (§. 287), die gesammte Masse ziemlich schnell erwärmen. Durch diese Erwärmung wird die Affinität des Wassers zu den absorbirten Gasen geschwächt[1] und diese trennen sich in Gestalt sehr kleiner Bläschen, welche durch die Wärme ausgedehnt in stets wachsender Menge aufsteigen, weswegen man das Wasser, so wie andere Flüssigkeiten, namentlich auch das Quecksilber, durch anhaltendes Sieden von der darin enthaltenen Luft gänzlich befreien kann. Gleichzeitig hiermit verwandelt der von aufsen zugeführte, das Gefäfs und hauptsächlich dessen Boden durchdringende Wärmestoff die Wassertheilchen, welche die Oberfläche der inneren Wandungen unmittelbar berühren, in Dampf, welcher wegen seiner Leichtigkeit sofort aufsteigt und eine andere dünne Wasserschicht an seine Stelle treten läfst, die dann der nämlichen Verwandlung unterliegt. Dieses unausgesetzte Zuströmen neuer Wärme und die hierdurch bedingte, stets erneuerte Bildung von Wasserdampf zieht zwei Folgen nach sich, die in der Natur der Sache begründet sind. Wenn zuerst das umgebende Wasser noch so kalt ist, dafs die fortwährend an der inneren Fläche des Gefäfses gebildeten Dampfblasen sofort ihre Wärme an die höheren Wasserschichten wieder abgeben, so verschwinden die erzeugten Bläschen augenblicklich nach ihrer Entstehung wieder, die umgebende Flüssigkeit dringt in Folge des Druckes der Wasserschichten und der darüber ruhenden Atmosphäre in den ent-

1 S. Art. *Absorption*, Bd. I. S. 46.

Digitized by Google

lenen leeren Raum und schlägt mit einiger Heftigkeit ge- die Wandung des Gefäfses. Erneuert sich dieser Proceſs nehrern Stellen schnell, so entsteht hierdurch ein hörbares usch, das sogenannte *Simmern*, welches man namentlich metallenen und insbesondere kupfernen Gefäfsen wegen der üglichern Wärmeleitung, mitunter von bedeutender Stärke, rzunehmen pflegt und worauf zuerst NICHOLSON[1] auf- ksam machte, welcher zugleich das Phänomen richtig und t, wie früher, aus dem Aufsteigen der Luftblasen erklärte, m er aufserdem seine Erklärung durch Versuche unter- tte. Eine vollständige Bestätigung gab bald nachher ein mir selbst beobachtetes merkwürdiges Phänomen. Der Baden bestimmte Schlamm des Schwefelbades zu Eilsen weit Hannover) wurde in einem grofsen, etwa 2,5 Fufs n steinernen Behälter mittelst des Dampfes erwärmt, wel- r ihm durch ein etwa 1,5 Zoll weites, fast lothrecht her- ebogenes, durch eine Wand geleitetes und am andern, gleich- herabgebogenen Ende auf einem grofsen Kessel befestigtes rohr zuströmte[2]. Der Kessel befand sich in einer eigenen zküche und war zur Zeit der Beobachtung, so wie das ch die Zwischenwand geleitete Bleirohr, siedend heifs. Un- ihr in jeder Secunde und selbst öfter erfolgte ein mit ei- er Erschütterung des Gebäudes verbundenes Getöse, ähnlich heftigen Schlage mit einem schweren Hammer auf einen sboden, und man hörte dieses nicht blofs in dem Gebäude, dern selbst schon in etwa 20 Schritt Entfernung von dem- en. Die Veranlassung konnte keine andere seyn, als der mpf, welcher aus dem Heizkessel in den Schlamm des ters getrieben wurde, die in dem Bleirohre aufsteigende ssigkeitssäule herabdrückte, nach Abgabe der Expansions- me aber ein Vacuum erzeugte, in welches der Schlamm Heftigkeit eindrang. Die Flüssigkeit im Behälter blieb da- unbewegt und nur selten stiegen einige Luftblasen neben Rohre bis zur Oberfläche empor; dem Rohre aber wurde Erschütterung, aufser sofern es an der des blofs zu diesem eck bestimmten kleinen Hauses Theil nahm, noch beson-

---

1 Dessen Journal Th. XI. S. 216. G. XXII. 397.

2 Der Heizapparat war also nach der älteren Bezeichnungsart sogenannter *Pelican*.

Digitized by Google

ders mitgetheilt, wovon man sich bei der Berührung desselben überzeugen konnte, soweit dessen Hitze dieses gestattete [1].

518) Eine zweite Wirkung, welche als Folge des von der Wärmequelle stets ausströmenden, das Gefäfs durchdringenden und an die berührenden Wassertheilchen übergehenden Wärmestoffes zu betrachten ist, wurde oben (§. 305) bei der Untersuchung der Wärmeleitung bereits erörtert, nämlich die verhältnifsmäfsig geringe Wärme des Bodens solcher Gefäfse, in denen das Wasser stark siedet, in dem Augenblicke, wenn man sie vom Feuer entfernt. Es ist zu verwundern, dafs dieses interessante, für die Materialität und ganz eigenthümliche Bewegung des Wärmestoffes so sehr sprechende Phänomen erst neuerdings durch Jacquemyns und die Brüsseler Akademie wieder aus der Vergessenheit gezogen, in der vorhergehenden Zeit aber gänzlich vernachlässigt wurde, ungeachtet die älteste Beobachtung desselben sich schon beim Aristoteles [2] befindet. Dieser giebt blofs die Thatsache an und beschränkt sie auf ein dünnes Gefäfs, was auch insofern gegründet ist, als das Durchströmen der Wärme durch eine zu dicke Masse nicht zu sehr verzögert seyn darf. Durch die Mitglieder der Pariser Akademie [3] wurde das Phänomen geprüft und bestätigt gefunden, dabei aber bemerkt, das Gefäfs müsse grofs und dessen Boden sehr dünn seyn, auch finde die Abkühlung der Bodenfläche nur so lange statt, als das Wasser noch im Sieden bleibe, indem unmittelbar nachher der Boden wieder sehr heifs werde. Gehler [4] erwähnt zugleich die wegen ihrer Sonderbarkeit interessante Erklärung, welche Homberg, Nollet, Musschenbroek, Brisson u. A. über dieses Phänomen aufstellten, wonach die Wärmetheilchen wie Pfeile mit ihren Spitzen durch das Gefäfs dringen und aufwärts steigen sollen, also die Hand nicht verletzen können, bis das Sieden aufhört und die Wege verstopft sind, so dafs sie dann ihre Richtung umkehren. Er selbst giebt übrigens die richtige Erklärung.

---

1 Gilbert in einer Anm. a. a. O. theilt ganz diese Ansicht, die übrigens schon Gehler im Wörterb. a. A. Th. IV. S. 43 als wahrscheinlich aufstellt.

2 Problemat. Sect. XXIII. §. 5.

3 Histoire de l'Acad. 1703. p. 30.

4 Wörterbuch, a. Ausg. Th. IV. S. 56.

Digitized by Google

Im genauen Zusammenhange hiermit steht die bekannte
rfahrung, dafs eine freie und, man möchte sagen, ungehin-
rte Bewegung der Wärme erfordert wird, um den Proceſs
s Siedens fortdauernd zu erhalten, welche nicht statt finden
nn, sobald die Leitung derselben unterbrochen ist. Auch
ervon war bereits (§. 300) die Rede, und es wurde eben in
ziehung auf die Fortpflanzung der Wärme die bekannte Er-
hrung erörtert, dafs das Wasser in einem Gefäfse, welches
h in einem gröfseren Gefäfse mit siedendem Wasser befindet,
cht zum Sieden gelangt, wie stark auch das Feuer seyn mag,
m man das äufsere Gefäfs aussetzt. Erfahrungen hierüber
ebt es in Menge; die Sache ist ausführlich erörtert worden von
DISL. CHERNAK [1], und aufser den bereits genannten Forschern,
lche dieses Problem einer näheren Untersuchung werth hiel-
, können noch BORRICHIUS [2], CIGNA [3] und v. LAMPERTI [4]
wähnt werden. Letzterer setzte vier zunehmend kleinere Ge-
se in einander und fand, wenn das äufserste einem lebhaften
uer ausgesetzt wurde, die Temperaturen 100°; 92°,5; 86°,25;
°,5; war aber das äufsere mit Salzwasser gefüllt, so beob-
tete er folgende abnehmende Temperaturen: 102°,5; 95°,0;
°,5; 83°,75 C. Technisch liefse sich hiervon eine An-
ndung machen, wenn man irgend eine Substanz einer con-
nten, die Siedehitze nicht erreichenden, vielmehr in einem
timmten Abstande davon befindlichen Temperatur aussetzen
llte, die sich dann durch die Menge der in einander ge-
tten Gefäfse bestimmen liefse. Die Chemiker bedienen sich
ses Mittels seit der längsten Zeit, indem sie ein Wasserge-
in ein anderes mit siedendem Wasser setzen, und nennen
sen Apparat *Marienbad*, *Wasserbad* (*balneum maris seu
riae*; bain-Marie). Man wird bei dieser Betrachtung un-
lkürlich an die Fortpflanzung des Schalles erinnert, für wel-
n leinene, wollene oder sonstige Fäden und Gewebe bessere
tungsmittel abgeben, als die Luft, obgleich eben diese sei-
n Fortgang hindern, wenn sie wiederholt von den durch die
ft fortgepflanzten Wellen durchdrungen werden müssen, in-

1 Dissert. de aqua intra aquam ferventem non ebulliente. Gro-
g. 1775. 4.

2 Acta med. et phil. Hafn. 1771 u. 72. p. 133.

3 Journ. de Phys. T. III. p. 109.

4 Hermbstädt's Bülletin. Th. X. Hft. 3.

Digitized by Google

dem man die Schläge der Unruhe einer Taschenuhr aus 1 Fuſs Entfernung durch die Luft sehr gut wahrnimmt, aber dann nicht, wenn die Uhr in ein Tuch eingewickelt ist.

519) Es läſst sich hier zunächst der Einfluſs anreihen, welchen die *Oberfläche der Gefäſse*, worin sich die Flüssigkeiten befinden, auf das Sieden derselben ausübt. Wollen wir zur richtigen Beurtheilung der in dieser Beziehung vorkommenden und vielfach beobachteten Thatsachen zuerst die allgemeinen Principien feststellen, worauf eine richtige Erklärung gegründet seyn muſs, so ist Folgendes zu bemerken, wenn von dem bereits §. 229 und 234 erörterten Einflusse der Oberfläche auf die Wärmestrahlung abstrahirt und bloſs der Proceſs des Siedens berücksichtigt wird. Sobald die gegebene Flüssigkeit diejenige Temperatur angenommen hat, vermöge welcher der in ihr aufsteigende Dampf die erforderliche Elasticität besitzt, um sowohl die Lagen der Flüssigkeit, als auch die darauf drückende Luftsäule mit Leichtigkeit zu heben, so tritt das Sieden ein, und dauert mit gröſserer oder geringerer Raschheit fort, je leichter und schneller Wärme von aufsen zuströmt. Soll aber die letztere stets zur Bildung neuen Dampfes dient, kann die Flüssigkeit nicht wärmer werden, und die Fixität des Siedepunctes ist daher lediglich durch den Luftdruck bedingt, wovon sofort die Rede seyn wird. Auf das in die Flüssigkeit getauchte Thermometer wirkt aber nicht bloſs die derselben eigene Wärme, obgleich diese die vorzüglichste Ursache ist, sondern zugleich die von den Wandungen, hauptsächlich vom Boden des Gefäſses, ausstrahlende, die bei so vielen Erscheinungen eine sehr bedeutende Rolle spielt. Diese letztere wirkt wiederum auf zweierlei Weise, zuerst indem sie auf die Thermometerkugel fällt und das Quecksilber steigen macht, oder zweitens indem sie auf adiathermane Körper stöſst und diese zur Entwickelung von Dampf disponirt. Befinden sich nämlich kleine Stückchen fester Körper, namentlich feine Messingspähne, Feilicht, Sägespähne von Holz oder sonstige kleine Theilchen im Wasser schwebend, so gewahrt man, daſs von diesen kleine Gasbläschen aufsteigen, und thermometrische Messungen ergeben, daſs sie das Sieden erleichtern. Diese Wirkung kann nach unsern Vorstellungen von der Wärme nur auf zweierlei Weise erklärt werden; denn daſs sich fortdauernd Wärme aus diesen Körperchen entwickeln solle, ist auf keine

Weise anzunehmen. Sie müssen daher entweder die aus den Wandungen der Gefäfse strahlende Wärme auffangen und an die sie berührenden Wassertheilchen zur Bildung von Dampf abgeben, oder aber die im Wasser befindlichen, unsichtbar kleinen Dampfbläschen hängen sich an sie, werden durch ihre Vereinigung vergröfsert und steigen dann auf, wie die Luftbläschen in gashaltigen Flüssigkeiten sich an allen, insbesondere rauhen und faserigen Körpern ansammeln. Welcher von beiden Ansichten wir auch huldigen, so dient jede zur Erklärung der durch diese Körperchen erzeugten Wirkung, und die Strahlung aus den Flächen ist ohnehin für sich, wie wir sehn werden, genügend erwiesen.

Es war seit langer Zeit bekannt, dafs die Temperatur des siedenden Wassers bei gleicher Barometerhöhe zwar im Ganzen eine constante sey, dafs jedoch kleine Unterschiede sich unverkennbar zeigen. Achard[1] redet von solchen wenig merklichen Abweichungen, die namentlich auch durch unauflösliche, im Wasser befindliche Körper hervorgebracht werden, und giebt eine sehr ausführliche Tabelle über die verschiedensten Substanzen sowohl, als auch die Stärke ihres Einflusses. G. G. Schmidt[2] kam bei seinen Untersuchungen über die Elasticität des Wasserdampfes zu der Ueberzeugung, dafs der Siedepunct sich überhaupt nicht mit einer 0°,1 R. erreichenden Sicherheit bestimmen lasse, und betrachtet dieses als eine Folge des mit wechsender Elasticität aufsteigenden, beim Entweichen aber seine Spannung momentan verlierenden Wasserdampfes[3]. Aldings befindet sich die Oberfläche des Quecksilberfadens eines in siedendes Wasser eingetauchten Thermometers oft in einer oscillirenden Bewegung, es ist jedoch schwer zu entscheiden, ob der angegebene Grund dieses erklärbar macht, oder ob dieses Schwanken eine Folge der in ungleicher Menge

---

1 Mém. de Berlin. 1785. p. 2. Ann. de Chim. T. X. p. 49. Schweigger's Journ. XXVII. 27.

2 Gren N. Journ. d. Physik. Th. IV. S. 294.

3 Die sehr wortreich erzählten Versuche, welche Bellani angestellt hat, wobei er den Einfluss fester Körper auf die Temperatur des Siedens bestätigt, übrigens den Siedepunct schwankender fand, was mit andern Beobachtungen vereinbar ist, übergehe ich, da sie keine neue Aufklärung der Aufgabe enthalten. S. Brugnatelli Giorn. T. II. p. 413.

Digitized by Google

zuströmenden Wärme ist. Befindet sich das Wasser in fortdauernd gleichmäfsigem Sieden, hält man das Thermometer unverrückt in gleicher Entfernung vom Boden des Gefäfses, und sorgt man dafür, dafs der hervorragende Theil der Röhre nicht zu ungleich abgekühlt werde, so bleibt das Ende des Quecksilberfadens constant auf dem gegebenen Siedepuncte. Auch Egen[1] hat den Einfluſs der Tiefe, bis zu welcher die Thermometerkugel ins Wasser getaucht worden ist, auf die Höhe des Siedepunctes und das stete Schwanken des unbekleideten Thermometers wahrgenommen; wenn man aber die Kugel einhüllt, so hängt die Höhe des alsdann fixen Siedepunctes von der Beschaffenheit der Bekleidung ab. Am meisten Aufmerksamkeit erregten die Resultate, welche Gay-Lussac[2] durch seine Versuche erhielt. Hiernach fand er, dafs ein Thermometer im Wasser, welches in einem gläsernen Gefäfse siedete, 101°,232 C. zeigte, aber auf 100°,329 herabging, wenn er fein gepulvertes Glas hineinstreute, und auf 100°,0, wenn er feine Metallspähne hineinbrachte; in einem metallenen Gefäfse dagegen zeigte das Thermometer genau 100° C.; die Weite des Gefäfses hatte keinen Einfluſs auf den Siedepunct und ebenso wenig die Menge der eingestreuten metallischen Feilspähne. Seitdem nahm man allgemein an, dafs das Wasser in metallenen Gefäfsen leichter siede, als in gläsernen, und auch dann leichter, wenn Metalltheilchen im Wasser schwimmen; Biot[3] gab an, dafs Wasser, bis zum Aufhören des Siedens um eine Kleinigkeit abgekühlt, durch einige hineingeworfene Feilspähne wieder zu sieden beginne, und wagt nicht, die Ursache dieser Anomalie anzugeben, stellt aber als Regel auf, dafs der Siedepunct der Thermometer mit Anwendung eines metallenen Gefäfses bestimmt werden müsse[4]. Diese Ungewifsheit der Sache bewog mich selbst, in Verbindung mit L. Gmelin[5] eine Reihe Versuche anzustellen, wozu sich sehr geeignete Mittel darboten. Das hiesige Cabinet enthält einen Apparat für die Lehre der

---

1 Poggendorff's Ann. XI. 285.

2 Ann. de Chim. T. LXXXII. p. 174. Ann. de Chim. et Phys. T. VII. p. 307. Schweigger's Journ. XXIV. 327.

3 Traité cet. T. I. p. 43.

4 Man weifs jetzt, dafs der Siedepunct der Thermometer im Dampfe constant erhalten wird, s. Art. *Thermometer*. Bd. IX. S. 890.

5 G. LVII. 211.

Digitized by Google

Wärmeleitung mit 8 cylindrischen Gefäfsen von 3 Zoll Höhe nd 1,3 Zoll Weite, sämmtlich von gleicher Dicke der Wanungen und des Bodens. Wir wählten deren 5 von Kupfer, lessing, Zinn, Blei und Marmor, nahmen hinzu einen mögichst ähnlichen Tiegel von dünnem Silber und einen von Pla-in, einige abgesprengte Medicingläser von nahe ähnlicher röfse, ein Gefäfs von Fayence, eins von Porcellan und einen denen Topf, brachten in allen reines Wasser auf die nämliche Weise zum Sieden, und beobachteten den Siedepunct an demlben Thermometer. In allen stand das Thermometer höher, enn die Kugel den Boden berührte, und dieser Unterschied ar am gröfsten bei Messing, wo er 0°,7 R. betrug, am gehgsten aber bei Porcellan, wo er nur 0°,1 R. erreichte. Die hermometerstände selbst, wenn sich die Kugel 0,5 Zoll unter r Oberfläche des Wassers befand, waren folgende, den Siepunct der Scale als Grenze angenommen:

Gefäfse von	Grade R.	Gefäfse von	Grade R.
lber	— 0°,20	Porcellan	— 0°,05
atin	— 0,50	weifses Glas . . .	0,00
upfer	+ 0,01	grünes Glas . . .	+ 0,60
essing	— 0,15	grünes Glas . . .	0,00
armor	— 0,15	grünes Glas . . .	+ 0,10
ei	— 0,10	Fayence	+ 0,30
nn	— 0,10	irdener Topf . . .	+ 0,29

i weifsem und der einen Sorte des grünen Glases zeigte sich her kein Unterschied, und vermuthlich war der Siedepunct s von uns gebrauchten Thermometers in einem solchen Gee oder in einem kupfernen, wobei die Abweichung am gegsten ist, bestimmt; hineingeworfener Sand brachte den Siepunct um einige Zehntel eines Grades herab, Kupferfeilhne aber, wovon der gröfste Theil auf dem Boden lag, ein derer geringerer aber obenauf schwamm, schien keine Wirng zu haben[1]. Nehmen wir den gröfsten Unterschied zwi-

1 Diese Abweichung von Gay-Lussac's Erfahrungen beruhn verthlich auf dem Umstande, dafs wir die Gefäfse der Gleichmäfsigit wegen neben einander stehend in einem Sandbade erhitzten, woch also das Zuströmen der Wärme und das Aufsteigen des Dames zu gering war, um die Metallspähne mit sich empor zu ifsen.

Digitized by Google

schen Platin und Glas, so beträgt dieser 1°,1 R. oder 1°,375 C., also mehr, als Gay-Lussac gefunden hat, bei allen andern ist er geringer, und ein bestimmter fester Unterschied zwischen der Siedehitze in gläsernen und metallenen Gefäfsen findet also hiernach nicht statt, doch siedet das Wasser in allen metallenen Gefäfsen, mit Ausnahme des Kupfers, bei geringerer Wärme, als in gläsernen. Ein nicht unbedeutender Umstand entging dabei unserer Aufmerksamkeit nicht. Der silberne Becher hatte an einer Stelle des Bodens, etwas seitwärts, einen schwarzen Fleck. Sobald die Kugel diesen berührte, stieg das Thermometer bis + 0°,5 R. und kehrte, mit der blanken Oberfläche in Berührung gebracht, wieder auf — 0°,10 zurück. Hierin scheint mir der Beweis für die Anwesenheit strahlender Wärme zu liegen.

Rudberg[1] war blofs mit Gay-Lussac's Versuchen bekannt, wenigstens erwähnt er diese allein; er wiederholte diese und fand den Siedepunct, wenn er in einem eisernen Gefäfse bei 100° C. gefunden wurde, in einem gläsernen Gefäfse bei 101°,3 liegend, statt dafs Gay-Lussac 101°,23 gefunden habe. Dafs bei verschiedenen Glassorten der Siedepunct ungleich hoch liege, geht aus den eben angegebenen Versuchen hervor, allein auch die verschiedenen Metalle erzeugen einen Unterschied, und anstatt dafs Rudberg blofs eine eigenthümliche Sorte Glas und Eisen mit einander verglich, redet Gay-Lussac im Allgemeinen von dem Unterschiede, welcher sich in dieser Hinsicht zwischen Metallen und Glas zeigt. Zum Glück hat dieses Problem gegenwärtig, da man den Siedepunct der Thermometer vermittelst Wasserdampfes bestimmt, seine praktische Wichtigkeit verloren, es hat gegenwärtig nur noch wissenschaftliches Interesse, ist aber noch keineswegs vollständig gelöst, wie aus der Ungleichheit der erhaltenen Resultate hervorgeht; denn da die einander am nächsten kommenden durch Gay-Lussac und Rudberg gefundenen, dennoch merklich von einander abweichen, so liegt hierin ein Wahrscheinlichkeitsgrund für die Richtigkeit der durch Gmelin und mich gefundenen Bestimmungen. Welches auch immer die Ursache dieser Eigenthümlichkeit, das Wasser bei ungleichen Temperaturen zum Sieden zu bringen, seyn mag, warum sollte sie be-

1 Poggendorff's Ann. XL. 49.

Digitized by Google

n Metallen und im Gegentheil bei allen Glasarten in glei-
r Stärke wirksam seyn?

Die Ursache dieser Ungleichheit der Siedehitze des Was-
in verschiedenen Gefäfsen findet Rudberg in der Adhä-
des Wassers zu den Wandungen oder, wie er sich wört-
ausdrückt, darin, dafs das Wasser vom Glase stärker an-
ogen werde, als vom Metalle. Obgleich keine andere mög-
seyn soll, so ist doch diese zuverlässig durchaus unstatt-
, denn die Dampfblasen steigen unter allen Bedingungen
zugsweise aus und in der Mitte des Wassers auf, wohin
nur in unmefsbare Ferne wirkende Adhäsion nicht reichen
n. Wollten wir aber auch annehmen, die Adhäsion des
ssers oder selbst auch des Dampfes am Boden der Gefäfse
stärker beim Glase als beim Metalle, und diese müfsten
er eine höhere Temperatur annehmen, ehe sie sich loszu-
ten und aufzusteigen vermöchten, so würden sie doch in
Mitte und nahe an der Oberfläche des Wassers ihren Ue-
chufs wieder abgeben, wie dieses vor dem Sieden ge-
icht. Weit mehr Wahrscheinlichkeit hat daher die oben
egebene Ursache für sich, wonach die namentlich vom
len ausgehende strahlende Wärme diese Wirkung hervor-
gt, was darin Bestätigung findet, dafs das Glas ein weit
hermanerer Körper ist, als Metall, selbst für dunkle Wär-
, doch mehr für leuchtende, weswegen auch die von mir
Gmelin gefundenen Unterschiede, aufser für Platin und
einzige Glassorte, alle geringer sind, als die durch Gay-
sac und Rudberg erhaltenen, da wir dunkle Wärme im
dbade, jene aber ohne Zweifel leuchtende anwandten. Hier-
sprechen auch Rumford's Versuche, wonach heifses Was-
in gläsernen Flaschen von weit dickeren Wandungen schnel-
erkaltete, als in metallenen (§. 230). Wird diese strah-
de Wärme durch kleine Körperchen aufgefangen und zur
npfbildung verwandt, so steigt die Wärme nicht, eine glei-
Wirkung kann aber die glatte Thermometerkugel nicht äu-
n, und aufserdem bleibt fraglich, ob diese kleinen Partikeln
ht blofs die unsichtbaren Dampfbläschen vereinigen, ihr
fsteigen erleichtern und dadurch die Temperatur des sie-
den Wassers herabbringen.

520) Im genauesten Zusammenhange mit diesen Phänome-
steht ein anderes, nämlich das *Sieden der Salzsolutionen,*

wobei die siedende Flüssigkeit eine zunehmend höhere Temperatur hat, als reines Wasser, während die Wärme des von beiden aufgestiegenen Dampfes ganz gleich ist. Man wufste lange im Allgemeinen, dafs Wasser, worin Salze aufgelös sind, eine höhere Temperatur beim Sieden annimmt, als wenn es rein ist, es wurde daher als Bedingung gefordert, dafs für die Bestimmung des Siedepunctes der Thermometer reines Wasser angewandt werden müsse, und Salzsolutionen wurden angewandt, um nach Art des Marienbades eine höhere Wärme, als die des siedenden Wassers, ohne unmittelbare Anwendung des Feuers, auf gewisse Substanzen einwirken zu lassen; die eigentliche wissenschaftliche Aufgabe ist aber, das Verhältnifs der Temperaturen siedender Solutionen zu der Menge und Lösbarkeit der verschiedenen Salze aufzufinden. Eine Menge hierher gehöriger Versuche hat Griffith[1] angestellt, die jedoch, wie Poggendorff bemerkt, nicht wissenschaftlich genug sind und manches zu wünschen übrig lassen. Er brachte Wasser mit einem Ueberschusse des jedesmaligen Salzes in einem porcellanenen Gefäfse über einer Argand'schen Lampe zum Sieden und mafs die hierzu gehörige Temperatur. Den Salzgehalt der Lösung mafs er dadurch, dafs er einen Theil der Lösung abdampfte und die Menge des enthaltenen Salzes durch das Gewicht bestimmte; er gelangte auf diese Weise zu dem Resultate, dafs der Siedepunct nicht stets im geraden Verhältnisse zu der Menge des enthaltenen Salzes und seiner Löslichkeit steht. Die nachfolgende Tabelle, welche die gefundenen Gröfsen enthält, wird am besten dazu dienen, die daraus hervorgehenden Folgerungen zu entnehmen.

---

1 Journal of Science. N. XXXV. p. 90. Berzelius Jahresbericht 1826. S. 50. Poggendorff's Ann. II. 227. Wiener Zeitschrift. Th. I. S. 291 u. s. w.

Digitized by Google

Solutionen.	Procente des Salzes.	Siede-punct in Graden C.
Essigsaures Natron	60	124°,5
Salpetersaures Natron	60	118
Weinsaures Kali-Natron . .	90	115,6
Salpeter	74	114,5
Salmiak	50	113,3
Schwefelsaures Nickel . . .	65	112,8
Weinsaures Kali	68	112,3
Kochsalz	30	106,8
Salpetersaure Strontianerde . .	53	106,8
Schwefelsaure Talkerde . . .	57,5	105
Saures, schwefelsaures Kali . .	....	105
Borax	52,5	105
Phosphorsaures Natron . . .	....	105
Kohlensaures Natron	....	104,5
Salzsaurer Baryt	45	104,5
Schwefelsaures Zinkoxyd . .	45	104,5
Alaun	52	104,5
Oxalsaures Kali	40	104,5
Oxalsaures Ammoniak . . .	29	103,3
Blutlaugensalz	55	103,3
Chlorsaures Kali	40	103,3
Boraxsäure	....	103,3
Schwefelsaures Kalikupfer . .	40	102,8
Schwefelsaures Kupferoxyd . .	45	102,2
Schwefelsaures Eisenoxydul . .	64	102,2
Salpetersaures Bleioxyd . . .	52,5	102,2
Essigsaures Bleioxyd	41,5	101,7
Schwefelsaures Kali	17,5	101,7
Salpetersaurer Baryt	26,5	101,1
Weinstein	9,5	101,1
Essigsaures Kupferoxyd . . .	16,5	101,1
Cyanquecksilber	35	101,1
Quecksilbersublimat	....	101,1
Schwefelsaures Natron . . .	31,5	100,55

521) Eine sehr ausführliche Untersuchung über die Ver-ıderung des Siedepunctes durch die verschiedenen, in unglei-ıen Quantitäten aufgelösten Salze hat LEGRAND angestellt[1],

1 Recherches sur les Variations que les sels dissous en diverses ·oportions produisent dans le point d'ébullition de l'eau. Par. 1835. 8. nn. de Chim. et Phys. T. LIII. p. 423. Auszug in l'Institut 1835. N. 18. Poggendorff's Ann. XXXVII. 379.

deren Resultate wir hier in einem kurzen Auszuge mittheilen wollen. Das hierbei gebrauchte Thermometer war sehr genau und der nicht eingetauchte Theil seiner Röhre wurde berücksichtigt; die Flüssigkeit befand sich in einer 6 Z. langen, 11 Lin. weiten Glasröhre oder in einem Platintiegel, und das Thermometer wurde durch einen, zum freien Durchgange des Dampfes durchbohrten Kork festgehalten. Die Salze waren vorher getrocknet; die aufgelösten Mengen wurden durch das Gewicht bestimmt, und zwar bei zerfliefslichen durch den Gewichtverlust der Flasche, woraus man sie nahm; um aber für jeden Augenblick das Verhältnifs ihrer Menge zu der des Wassers zu kennen, welches sich durch den Verlust des Dampfes fortdauernd verminderte, ward das Gefäfs gewogen, worin sich die Solution befand, und das Gewicht des Gefäfses und des Salzes abgezogen. Bei manchen Solutionen findet vor dem Sieden und während desselben ein *heftiges Stofsen* statt, wodurch das Thermometer beträchtliche Schwankungen erleidet; Legrand fand aber, dafs einige hineingeworfene Stücke Zink oder Eisen dieses aufheben, und er bediente sich daher des ersteren Metalls, um dieses Hindernifs zu beseitigen, da ohnehin dasselbe in der Regel gar nicht angegriffen wurde. Bei der Bestimmung der Siedehitze gesättigter Solutionen bemerkte Legrand eine ähnliche Erscheinung, als welche sich beim Gefrieren des Wassers zeigt; die Temperatur wuchs bedeutend und sank sofort herab, wenn ein Theil des Salzes niederfiel, worauf sie dann constant blieb. Um das dieser Temperatur zugehörige quantitative Verhältnifs der Sättigung zu finden, wurde wieder Wasser zugesetzt, die Temperatur der gesättigten Lösung wieder hergestellt und dann gewogen, zur Controle aber die zur Lösung erforderliche Quantität Salz und Wasser vereinigt, und nachdem die vollständige Lösung durch steigende Hitze erfolgt war, abermals gewogen. Die so gefundene Temperatur soll zugleich hinreichen, um den Salzen ihr gesammtes Krystallwasser zu nehmen. Zeichnet man graphisch die über dem Siedepuncte der reinen Wassers liegenden Grade des Centesimalthermometers, welche dem Siedepuncte der Solutionen zugehören, als Ordinaten, und die Procente der aufgelösten Salzmengen als Abscissen, so giebt die durch die Endpuncte gezogene Linie die *Curve der Verzögerung des Siedepunctes*. Von diesen Curven giebt es drei Arten; die eine ist von ein-

Digitized by Google

her Krümmung, die beiden andern haben einen Wende-
net, und zwar ist bei den einen die Krümmung anfangs
gen die Axe der Abscissen, bei den andern gegen die der
dinaten gewandt. Die folgenden abgekürzten Tabellen ent-
ten in der ersten Columne die Procente des aufgelösten
zes (pC.), in der zweiten zuerst die Temperatur, bei wel-
r das reine Wasser siedete, und dann diejenige, bei welcher
Sieden der bezeichneten Solutionen statt fand (t'), in Cen-
imalgraden.

Chlorstrontium.

pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'
0,0	100°,4	37,9	104°,4	68,9	110°,4	104,0	116°,4
16,7	101,4	48,8	106,4	79,6	112,4	110,9	117,4
25,2	102,4	59	108,4	91,2	114,4	117,5	118,25

Chlorcalcium.

pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'
0	100°,1	55,6	114°,1	104,0	130°,1	203,0	158°,1
16,5	102,1	61,6	116,1	117,2	134,1	221,6	162,1
25,8	104,1	67,6	118,1	129,9	138,1	241,9	166,1
32,6	106,1	73,6	120,1	142,8	142,1	264,2	170,1
38,5	108,1	79,8	122,1	156,2	146,1	288,5	174,1
44,0	110,1	86,0	124,1	170,5	150,1	314,8	178,1
49,7	112,1	92,2	126,1	186,0	154,1	325,0	179,6

Neutrales weinsaures Kali.

pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'
0	100°,3	82,3	104°,3	156,5	108°,3	237,9	112°,3
26,9	101,3	100,1	105,3	176,1	109,3	259,5	113,3
47,2	102,3	118,5	106,3	196,2	110,3	281,6	114,3
65,0	103,3	137,3	107,3	216,8	111,3	296,2	114,97

Kohlensaures Kali.

pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'
0	100°,3	65,9	108°,3	117,1	118°,3	167,7	128°,3
13,0	101,3	77,6	110,3	127,0	120,3	178,1	130,3
22,5	102,3	88,2	112,3	137,0	122,3	188,8	132,3
38,8	104,3	98,0	114,3	147,1	124,3	199,6	134,3
53,1	106,3	107,5	116,3	157,3	126,3	205,0	135,3

Salpetersaurer Kalk.

pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′
0	100°,1	71,8	108°,1	148,1	120°,1	274,7	140°,1
15,0	101,1	85,3	110,1	172,2	124,1	302,6	144,1
25,3	102,1	98,4	112,1	197,0	128,1	333,2	148,1
42,6	104,1	111,2	114,1	222,2	132,1	351,2	150,1
57,8	106,1	123,8	116,1	248,1	136,1	362,2	151,1

Essigsaures Natron.

pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′
0	100°,1	30,5	104°,1	83,4	112°,1	156,1	120°,1
9,9	101,1	42,9	106,1	98,8	114,1	179,3	122,1
17,6	102,1	55,8	108,1	115,8	116,1	204,5	124,1
24,1	103,1	69,2	110,1	134,9	118,1	209,0	125,47

Essigsaures Kali.

pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′
0	100°,2	85,3	112°,2	180,1	126°,2	436,9	150°,2
10,5	101,2	97,6	114,2	196,1	128,2	500,0	154,2
20,0	102,2	110,3	116,2	213,0	130,2	569,9	158,2
36,4	104,2	123,4	118,2	248,7	134,2	646,6	162,2
49,8	106,2	136,9	120,2	287,3	138,2	730,4	166,2
61,6	108,2	150,2	122,2	330,8	142,2	775,0	168,2
73,3	110,2	165,1	124,2	380,6	146,2	798,2	169,2

Chlornatrium.

pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′
0	100°,2	10,8	101°,7	23,1	104°,2	35,8	107°,2
4,4	100,7	13,4	102,2	27,7	105,2	39,7	108,2
7,7	101,2	18,3	103,2	31,8	106,2	41,2	108,6

Chlorkalium.

pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′
0	100°,25	13,2	101°,75	31,4	104°,25	50,5	107°,25
4,7	100,75	17,1	102,25	37,8	105,25	56,9	108,25
9,0	101,25	24,2	103,25	44,2	106,25	59,4	108,65

Chlorbaryum.

pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′
0	100°,2	19,6	101°,2	32,5	102°,2	56,0	104°,2
11,0	100,7	26,2	101,7	44,5	103,2	60,1	104,6

Digitized by Google

Kohlensaures Natron.

pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′
0	100°,0	14,4	101°,0	26,7	102°,0	44,7	104°,0
7,5	100,5	20,8	101,5	36,8	103	48,5	104,63

Phosphorsaures Natron[1].

pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′
0	99°,9	40,8	101°,9	76,4	103°,9	105,0	105°,9
21,0	100,9	59,4	102,9	91,5	104,9	112,6	106,5

Chlorsaures Kali.

t′	pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′	pC.	t.
100°,2	14,64	101°,2	29,28	102°,2	43,92	103°,2	61,5	104°,4

Salpetersaures Kali.

pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′
0	100°,2	42,2	103°,2	93,2	106 ,2	233,0	112°,2
12,2	101,2	59,6	104,2	140,6	108,2	283,3	114,2
26,4	102,2	78,3	105,2	185,9	110,2	335,1	116,1

Salpetersaures Natron.

pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′
0	100°,3	57,6	106°,3	120,3	112°,3	188,6	118°,3
18,7	102,3	77,9	108,3	142,4	114,3	212,6	120,3
37,9	104,3	98,8	110,3	165,2	116,3	224,8	121,3

Krystallisirtes salpetersaures Ammoniak.

pC.	t′	pC.	t′	pC.	t′	pC.	t.
0	100°	114,9	110°	254,0	124°	1081,5	148°
10	101	142,4	112	440,2	128	1273,0	152
20,5	102	172,0	114	537,3	132	1504,0	156
42,4	104	204,4	116	645,0	136	1775,0	160
65,4	106	238,8	118	770,5	140	2084,0	164
89,4	108	275,3	120	915,5	144	unendl.	180

---

1 In dem Zustande, wo es alles Wasser verloren hat, bis auf
, was es behalten mufs, um nicht pyrophosphorsaures Natron zu
den.

Digitized by Google

Salmiak.

pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'	pC.	t'
0	100°	19,7	103°	35,7	106°	73,3	112°
7,8	101	25,2	104	47,3	108	88,1	114
13,9	102	30,5	105	59,9	110	88,9	114,2

Marx[1] fand, dafs bei 340 Lin. Barometerhöhe eine Lösung von salpetersaurem Natron, in Wasser von 16°,8 C. gesättigt, bei 101° C.; in Wasser von 56°,2 gesättigt bei 102°,2 und in siedendem gesättigt bei 121° siedete; gesättigte Kochsalzlösung erforderte 107°,4, eine bei 15° gesättigte Salpetersolution 101°,4 und eine bei 100° gesättigte 112° C. zum Sieden. Hierbei scheint indefs der Einflufs des 3 Lin. über dem Mittel betragenden Barometerstandes nicht berücksichtigt worden zu seyn.

Der Ueberblick der hier mitgetheilten Gröfsen führt im Ganzen zu dem Resultate, dafs durch eine verhältnifsmäfsig beträchtliche Quantität Salz die Temperatur nicht eben bedeutend hinaufgerückt wird. Uebrigens sind diese Quantitäten bei den verschiedenen Salzen sehr ungleich und liegen z. B. nach Legrand für eine Temperaturerhöhung von 1° C. zwischen dem Maximum von 26,9 Procent beim neutralen weinsauren Kali und dem Minimum von 7,7 Procent beim Chlornatrium. Es stimmt dieses mit einer andern Erscheinung überein, nämlich dafs der Siedepunct des absoluten Alkohols durch eine nicht bedeutend grofse Menge beigemischten Wassers nach den Erfahrungen von Tralles[2] nur unmerklich erhöht wird.

522) Die mit der gröfseren Sättigung steigende Hitze des Siedepunctes der Salzsolutionen war seit langer Zeit bekannt; weit weniger scheint dieses mit einer andern Erfahrung der Fall gewesen zu seyn, wonach die Hitze des aus ihnen aufsteigenden Dampfes der des reinen Wasserdampfes vollkommen gleich ist. Rudberg[3] war wohl ohne Zweifel der Erste, welcher diesen wichtigen Satz aufstellte und durch entscheidende Ver-

---

1 Schweigger's Journ. LVII. 402.

2 G. XXXVIII. 865.

3 Poggendorff's Ann. XXXIV. 257. Faraday behauptete schon früher, der aus Salzsolutionen aufsteigende Dampf habe nur 100° C. Wärme, s. Ann. de Chim. et Phys. T. XX. p. 325, allein man hielt dieses nach der herrschenden Ansicht für irrig.

Digitized by Google

Lehrbuch Lehrbuch, -s, -er, Grundriss, Leitfaden, Handbuch, Kompendium, Anleitung, Abriss, Abhandlung, Lehrgang, Lehrgebäude, Lehrgedicht, Lehrsatz, Lehrsatzsammlung, Lehrschrift, Lehrstück, Lehrstuhl, Lehrtext, Lehrwerk, Lehrzeit, Lehrzeitbuch, Lehrzeitbuchführung, Lehrzeitbuchführungsgesetz, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuch, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführung, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetz, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuch, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführung, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetz, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuch, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführung, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetz, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuch, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführung, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetz, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuch, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführung, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetz, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuch, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführung, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetz, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuch, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführung, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetz, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuch, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführung, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetz, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuch, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführung, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetz, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuch, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführung, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetz, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuch, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführung, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetz, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuch, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführung, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetz, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuch, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführung, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetz, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuch, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführung, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetz, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuch, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführung, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetz, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuch, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführung, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetz, Lehrzeitbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuchführungsgesetzbuch, Lehrzeitbuchführungsgesetz

Dämpfe von Alkohol, Terpentinspiritus u. s. w. gleiche Temperatur mit den Flüssigkeiten haben, aus denen sie gebildet werden, dafs sie aber zugleich nach der Condensation wieder zu diesen Flüssigkeiten werden, statt dafs die Dämpfe der Salzsolutionen nicht diese, sondern reines Wasser geben und sich daher auch nur wie Wasserdämpfe verhalten können.

So viel mir bekannt, ist noch keine Erklärung dieses erst neuerdings näher untersuchten Verhaltens gegeben worden, und es wird daher erlaubt seyn, auf einige Puncte aufmerksam zu machen, die hierbei in Betrachtung kommen. Nicht unbeachtet darf der Umstand bleiben, dafs alle im Wasser nicht auflösliche Körper in kleineren oder gröfseren Massen das Sieden des Wassers erleichtern (§. 519). Alle diese Substanzen zeigen die Eigenthümlichkeit, dafs sie das an ihnen hängende und selbst das in ihre Poren eingedrungene Wasser mehr oder minder leicht verdunsten lassen, d. h. die äufsere einwirkende Wärme verbindet sich damit, verwandelt es in Dampf und entzieht es ihnen auf diese Weise. Ganz diesem entgegengesetzt ist das Verhalten der Salze, zwar der einen mehr als der andern, im Ganzen aber haben sie alle, sofern sie im Wasser auflöslich sind, eine stärkere Anziehung zu diesem, als die nicht auflöslichen Körper; sie ziehen den Wasserdampf aus der Luft bei mittlerer Feuchtigkeit an, statt dafs die unauflöslichen Körper ihn abgeben und zwar oft mit solcher Gewalt, dafs sie dadurch zerfliefsen. Wird dann ihren Lösungen im Wasser Wärme zugeführt, so ist die der Siedehitze des Wassers zugehörige Menge derselben, die wir durch T bezeichnen wollen, erforderlich, um die Verwandlung in Dampf zu bewirken, aufserdem mufs aber noch eine gewisse Quantität Wärme, welche t heifsen möge, hinzukommen, um die Verwandtschaft des Wassers zu ihnen aufzuheben und dieses von ihnen loszureifsen, so dafs ihr Siedepunct $T+t$ seyn mufs. Der Werth von T ist durch den Barometerstand bedingt, die Gröfse t dagegen hängt von der Beschaffenheit des Salzes und der Quantität ab, in welcher es dem Wasser zugesetzt ist, vollständige Lösung desselben vorausgesetzt.

524) In sehr nahem Zusammenhange hiermit steht eine andere Aufgabe, nämlich über die Siedehitze gemischter Flüssigkeiten und die Temperatur des aus ihnen beim Sieden aufsteigenden Dampfes. Die Beantwortung dieser Frage ist mit ein

Digitized by Google

sen Menge meistens unüberwindlicher Schwierigkeiten ver-
den, worin wohl der Grund liegen mag, dafs hierfür bisher
wenig geschehen ist. Von den zwei vereinten Flüssigkeiten[1]
et stets die eine leichter als die andere, und obgleich die
ldeten Dämpfe in der Regel aus beiden zusammengesetzt
, so behalten sie doch das quantitative Mischungsverhältnifs
Flüssigkeit nicht auf die Dauer, sondern von der einen ver-
pft mehr, als von der andern, und die Beschaffenheit der
enden Flüssigkeit ändert sich daher in jedem Augenblicke; die
ltate werden hierdurch verschieden, und ohne sehr zusam-
gesetzte Messungen kann man nicht wissen, welchen
hungsverhältnissen sie zugehören. Wir müssen uns also
eziehung auf diese Aufgabe mit den wenigen bis jetzt be-
nt gewordenen Thatsachen begnügen.

Befinden sich zwei Gasarten in einem begrenzten Raume
int, so ist ihre Elasticität der Summe der Elasticitäten bei-
gleich. Eben dieses findet statt, wenn eine Gasart mit
pf vereint wird, namentlich ist es der Fall bei den Ver-
lungen von Luft und Wasserdampf[2], und so läfst sich
n der Analogie nach schliefsen, dafs sich bei gemischten
pfen das nämliche Verhalten zeigen werde. Aus meinen
uchen über die Vereinigung verschiedener Dämpfe[3] geht
fs hervor, dafs, wenn zwei Arten Dampf von den Spannungen
nd p' in einem abgeschlossenen Raume vereinigt werden,
gemeinschaftliche Spannung nicht $= p + p'$, sondern um
unbedeutende Kleinigkeit geringer sey. Das Gegentheil fand
-Lussac[4] rücksichtlich der vereinten Quantitäten; denn
ei 100° C. und 0,76 Meter Luftdruck 1 Gramm Wasser 1,696
r Dampf giebt, eine gleiche Menge absoluter Alkohol aber
9 Liter, so mufsten beide vereint $\frac{1,696 + 0,659}{2} = 1,178$
r für 1 Gramm der Mischung beider geben, wogegen die
sung 1,1815 zeigte. Wurden 1 Th. Wasser und 2 Th. ab-
ter Alkohol gemischt, so mufste 1 Gramm der Mischung

---

1 Die Erscheinungen, welche mehrere vereinte Flüssigkeiten dar-
n, sind bis jetzt noch gar nicht eigentlich untersucht worden.
2 Vergl. Art. *Gas*. Bd. IV. S. 1034.
3 Physikalische Abhandl. Giefs. 1816.
4 Ann. de Chim. T. XCV. p. 314. Biot traité. T. I. p. 298.

Digitized by Google

$\frac{1,696 + 1,318}{3} = 1,005$ Liter Dampf geben, der Versuch zeigte aber 1,0056 Liter. Welches von diesen Resultaten das richtige sey und ob nicht vielmehr die Wahrheit zwischen beiden Fehlern in der Mitte liege, läfst sich ohne neue Versuche nicht entscheiden. Der Analogie nach, sofern fast ohne anderweitig bedingte seltene Ausnahmen alle vereinte Körper sich durch gegenseitige Anziehung verdichten, ist auf jeden Fall nicht wahrscheinlich, dafs eine Vergröfserung des Volumens durch Vereinigung von Dämpfen eintreten sollte, und wir können also mit genügender Annäherung annehmen, dafs die Elasticität gemischter Dämpfe im unveränderten Raume höchstens der Summe ihrer beiderseitigen Elasticitäten gleich sey. Hiermit vereinbar ist ein anderes Resultat, welches uns der eigentlichen vorliegenden Aufgabe näher bringt. Befindet sich im Torricelli'schen Vacuum über dem Quecksilber eine leichter siedende Flüssigkeit, ist also der leere Raum mit dem der statt findenden Temperatur proportional dichten Dampfe erfüllt, und läfst man durch das Quecksilber eine schwerer siedende, mit der leichtern mischbare Flüssigkeit aufsteigen, so vermindert sich der früher erfüllte Raum. Die Ursache hiervon liegt nicht fern; die zu der leichter siedenden Flüssigkeit hinzutretende schwerer siedende Flüssigkeit verändert den früher tiefer liegenden Siedepunct, rückt ihn höher hinauf und vermindert dadurch die Elasticität des bereits gebildeten Dampfes. Eben dieser Erfolg tritt ein, wenn das Torricelli'sche Vacuum mit Wasserdampf erfüllt ist und zu dem nicht verdampften Antheile Wasser ein auflösliches Salz oder eine Salzsolution gebracht wird.

525) Eben so einfach und genau hiermit übereinstimmend sind die Erscheinungen, welche sich beim Sieden gemischter Flüssigkeiten zeigen. Gay-Lussac[1] äufsert sich hierüber in allgemeinen Ansicht gemäfs, indem er sagt: der Siedepunct eines Gemenges zweier flüchtigen Flüssigkeiten, welche keine chemische Einwirkung auf einander äufsern, kann variiren, ist aber im Allgemeinen eingeschlossen zwischen zwei Grenzen, nämlich zwischen dem Siedepuncte der flüchtigsten Flüssigkeit und der Temperatur, bei welcher die Summe der Spannkräfte der Dämpfe

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XLIX. p. 393. Poggendorff's Ann. XXV. 498.

Digitized by Google

der Flüssigkeiten gleich ist dem Druck der Atmosphäre. n kann dieses nicht wohl anders verstehn, als dafs die Tem- atur des Siedepunctes der flüchtigsten Substanz die unterste nze bilde, also das Sieden bei einer Temperatur statt finde, wenn diese allein vorhanden wäre, von hier an aber nach n quantitativen Verhältnisse und der Beschaffenheit der bei- ischten Flüssigkeit stets höher hinaufrücke. Der Zusatz, s die Flüssigkeiten keine chemische Wirkung auf einander üben sollen, darf nicht unbeachtet bleiben; es ist aber eine ht leichte Aufgabe, zu entscheiden, ob bei solchen Flüssig- ten, die sich sehr innig mit einander verbinden, z. B. beim ingeist und Wasser, überall keine chemische Einwirkung t finde, die übrigens dann in ihren Folgen sich zeigen lste, wenn die Beschaffenheit beider vereinter Flüssigkeiten e wesentliche Veränderung erleidet. Ist die ausgesprochene sicht richtig, dafs hiernach die niedrigste Temperatur oder die erste Grenze des Siedens diejenige sey, bei welcher die flüch- te Substanz siedet, wie dieses namentlich bei einem Ge- ch aus Alkohol und Wasser der Fall ist, dessen Siedehitze der des absoluten Alkohols bis zu der des reinen Wassers ufrückt, so können die durch Liebig[1] gemachten Erfahrun- nicht anders, als für Anomalieen gelten. Er fand nämlich, das Oel, welches aus einer Verbindung gleicher Volumina Chlor und ölbildendem Gase entsteht, für sich bei 82°,4 C. let, mit Wasser vereint aber nie eine höhere Temperatur 75°,6 erreicht, und ebenso siedet Chlorkohlenstoff für sich 60°,8, mit Wasser gemischt aber bei 57°,3. Dieses abwei- nde Verhalten verdient eine nähere Untersuchung, und na- tlich müfste erforscht werden, von welcher Beschaffenheit aus den gebildeten Dämpfen niedergeschlagene Flüssigkeit n mag[2].

---

1 Poggendorff's Ann. XXIV. 277.

2 Es verdient bemerkt zu werden, dafs Gay-Lussac a. a. O. die- Resultat mit dem von ihm aufgestellten Gesetze übereinstimmend et. Vermuthlich geht er davon aus, dafs die Summe der Spann- te des Dampfes von Chlorkohlenstoff und von Wasser, beide bei 3, der Spannung der Luft unter 0,76 Meter Druck gleich seyn und er das Sieden erfolgen könne; allein dann müfste auch der Siede- ct des gemischten Alkohols unter dem des reinen Alkohols und der verdünnten Schwefelsäure unter dem des reinen Wassers liegen.

Digitized by Google

526) Eine in diesem wenig bearbeiteten Felde sehr schätzbare Untersuchung hat Magnus[1] mitgetheilt. Zuerst erwähnt er das eben aufgestellte Gesetz von Gay-Lussac, versteht es aber so, dafs der niedrigste Kochpunct gemischter Flüssigkeiten derjenige seyn soll, welcher durch die Summe der Elasticitäten des Dampfes beider gegeben wird, der höchste aber derjenige, welcher der flüchtigsten unter ihnen zugehört, seine Versuche aber ergaben, wie leicht begreiflich, das Gegentheil. Die befolgte Methode wird nicht im Einzelnen beschrieben; ist es aber der Zweck, durch Versuche dieser Art völlig scharfe Resultate zu erhalten, so wird ein solcher Apparat erfordert, als dessen sich Rudberg (§. 522) bediente, und es würde zugleich zweckmäfsig seyn, denselben auf eine solche Weise abzuändern, dafs das Thermometer abwechselnd dem Dampfe ausgesetzt und in die Flüssigkeit selbst herabgelassen werden könnte. Auf jeden Fall mufs der Dampf, namentlich der von leicht siedenden Flüssigkeiten, zusammengehalten und gegen äufsere Abkühlung geschützt werden, wenn man seine Temperatur genau messen will. Bei Mischungen von Wasser mit flüchtigen Oelen und Schwefelkohlenstoff war die Temperatur des Siedepunctes stets etwas höher, als die Wärme der am leichtesten siedenden Flüssigkeit, und blieb ungeändert, so lange noch ein Theil des letztern vorhanden war. Die Temperatur des Dampfes zeigte sich stets etwas niedriger, als die der siedenden Flüssigkeit, und blieb gleichfalls unverändert, so lange die eben angegebene Bedingung noch statt fand. Eine Mischung aus frisch rectificirtem Terpentinspiritus und Wasser siedete unter 0,7496 M. Luftdruck bei 102° C., der Dampf zeigte aber nur 94°,5. Schwefelkohlenstoff und Wasser siedete unter 0,7522 M. Luftdruck bei 47° C. und der Dampf zeigte 43°,5. Magnus argumentirt ganz richtig, aber der Ansicht Gay-Lussac's und seiner Deutung derselben zuwider, dafs das Sieden nicht früher eintreten könne, als bis die Dämpfe des flüchtigsten Antheils die erforderliche Spannung erhalten hätten, um den Luftdruck zu überwinden. Bildet die flüchtigste Substanz die untere Schicht, so kommt der Druck der Wasserschicht noch hinzu, welcher aufser dem Luftdrucke überwunden werden mufs, und die Temperatur des Siedens war auch bei den genannten Ver-

1 Poggendorff's Ann. XXXVIII. 481.

Digitized by Google

n ungefähr diejenige, welche dieser Summe zugehörte.
bere Schicht mufs nothwendig die Temperatur der unteren
en haben, weil sonst die aus der letzteren aufsteigenden
fblasen abgekühlt werden müfsten und nicht aufsteigen
ten, weswegen die Mischung im Ganzen nahe genau die
Siedepuncte der flüchtigern zugehörige Temperatur annimmt.
en die Dampfblasen durch die obere Flüssigkeit, so neh-
sie von dieser solchen Dampf auf, welcher eine ihrer
eratur angemessene Spannung hat, und es tritt also das
(§. 524) angegebene Verhalten gemischter Dämpfe ein,
sich in den Versuchen von Magnus auch dadurch zeigte,
aus dem aufsteigenden Dampfe Schwefelkohlenstoff und
er niedergeschlagen wurde, so lange noch Schwefelkohlen-
vorhanden war; nach dem Verschwinden des letzteren
aber das Sieden auf, die Wärme der Flüssigkeit stieg,
es ging kein Destillat mehr über. Nach der richtigen,
immer anerkannten, Theorie war die Wärme der oberen
ht stets etwas höher, als die Temperatur des Siedepunctes
nteren flüchtigeren Schicht, selbst als eine sehr dünne Lage
efelkohlenstoff sich unter einer drei Zoll hohen Wasser-
ht befand. Bildet die leichter siedende Flüssigkeit die
Schicht, so siedet sie, als wäre sie unabhängig von der
en; doch giebt es solche, sich nicht mischende Flüssig-
sehr wenige, und die Versuche konnten daher nur mit
ksilber und Wasser oder Oelen oder mit Wasser und
tchoucine angestellt werden, welche letztere, wie für sich
, ihren Kochpunct stets änderte.

Sind die vereinten Flüssigkeiten mit einander mischbar, so
t sich der Siedepunct stets, und die erzeugten Dämpfe
ein anderes Mischungsverhältnifs, als die Flüssigkeiten;
kann auch letzteres von der Art seyn, dafs beide einan-
gleich sind. Magnus glaubt daher, dafs die Mischung
als ein neu entstandenes homogenes Ganzes zu betrachten
weil sonst die niedergeschlagenen Dämpfe dasselbe wieder-
müfsten, sondern dafs beide eine gegenseitige Anziehung
einander ausüben, in deren Folge die flüchtigere verhindert
, schon durch diejenige Wärme zum Sieden gebracht zu
en, bei welcher sie für sich allein siedet. Dafs eine solche
oder minder starke Anziehung existire und auf die
pfbildung einen Einflufs ausübe, läfst sich nach der Ana-

Digitized by Google

logie mit ähnlichen Erscheinungen und nach bekannten Erf rungen nicht in Abrede stellen; denn ebenso, wie aufgelöste Sa den Siedepunct des Wassers höher hinaufrücken, ist dieses a der Fall bei Alkohol durch einen Zusatz von Wasser. Mag wiederholte auch die früher von Andern angestellten Versu gemischte Dämpfe in das Torricelli'sche Vacuum zu bring Bei 17°,5 liefs er Schwefeläther durch das Quecksilber in e Barometerröhre aufsteigen und brachte, nachdem das Maxim der Spannung eingetreten war, etwas Alkohol hinzu, wodu die Elasticität des Aetherdampfes sich verminderte und d Vermehrung des Alkohols fast bis zu derjenigen herabg welche den Dämpfen des letzteren bei der gegebenen Tem ratur zugehört. Dieselben Erscheinungen zeigten sich, w statt des Alkohols Terpentinspiritus und statt des Aeth Schwefelkohlenstoff oder Caoutchoucine angewandt wurde. D bei ist aber erforderlich, dafs von beiden Flüssigkeiten, auch ihren Dämpfen, noch Theile im tropfbar-flüssigen Zust vorhanden sind.

527) Ueberblicken wir nochmals das Ganze, so sind d sich darbietenden Phänomene allerdings sehr verwickelt, allei es bieten sich dennoch einige Anhaltpuncte dar, die zur Er leichterung der genaueren Kenntnifs der Sache dienen könn Vor allen Dingen dürfen wir das Verhältnifs der Spannung der vereinten elastischen Flüssigkeiten und der Räume, die s einnehmen, nicht unberücksichtigt lassen. Bringt man zur Lu unter atmosphärischem Drucke Wasserdampf in einem verschlo senen Raume, so wird ohne Aenderung der Temperatur d Elasticität des Gemenges um ebenso viel steigen, als das Vo lumen desselben bei unverändertem äufserem Drucke sich ve gröfsern würde. Ist diese Vergröfserung des Volumens eing treten, so nimmt man gewöhnlich an, die Elasticität der Lu sey um so viel vermindert, als die hinzugekommene des Dam pfes betrage, so dafs, wenn letztere p', die gesammte Elasti tät aber P genannt wird, die Elasticität der Luft $= P - p'$ = sey, woraus $p + p' = P$ oder der Satz folgt, dafs der gesamm Druck der Summe der beiden Pressungen gleich sey. Dies Gesetz wird aber sehr durch die Rücksicht auf den Raum be dingt. Denkt man sich nämlich bei unverändertem Rauminha den Wasserdampf weggenommen und durch ein kleines Volu men eines festen Körpers ersetzt, so würde die rückbleibend

t offenbar dem Drucke der äufseren atmosphärischen wider-
m, und eben dieses würde beim Wasserdampfe statt finden
ssen, wenn man den Raum der Luft durch einen festen
rper zu ersetzen vermöchte; beide müssen daher eine der
seren gleiche Spannung haben. Auf dieses Verhalten grün-
e Dalton das nach ihm benannte Mischungsgesetz expan-
er Flüssigkeiten[1], wobei er jedoch übersah, dafs die verein-
elastischen Flüssigkeiten durch gegenseitige Anziehung ihrer
lecüle überall gleichmäfsig gemischt sind. Soll der Dampf
n äufseren Drucke widerstehn, so mufs er nothwendig die
sem Drucke zugehörige Temperatur haben. Am deutlichsten
gt sich dieses beim Wasserdampfe, dessen Temperatur bei
veränderlem Luftdrucke so constant ist, dafs sie mit absolu-
Sicherheit zur Bestimmung des Normalpunctes der Thermo-
ter dienen kann, und es würde dieses sich auf gleiche Weise
den Dämpfen aller einfachen Flüssigkeiten zeigen, wenn
n es der Mühe werth gehalten hätte, gleich genaue Unter-
hungen hierüber anzustellen. Da beim Processe des Siedens
Dämpfe frei aufsteigen und dabei den atmosphärischen
uck überwinden sollen, so müssen sie bei ihrem Entstehen
hwendig die dieser Elasticität zugehörige Temperatur haben,
ttere mufs aber noch etwas erhöhet werden, weil aufser dem
osphärischen Luftdrucke noch derjenige überwunden werden
fs, welchen die Flüssigkeitsschicht darbietet. Ist demnach
Siedehitze des Dampfes = T, so mufs die der Flüssigkeit
T + t seyn, wie Rudberg[2] genügend auseinandergesetzt
. Beim Wasser und bei anderen nicht minder flüchtigen
issigkeiten ist der Werth von t sehr unbedeutend; denn theils
das Gewicht der zu hebenden Schicht an sich nur gering,
ils folgen die aufsteigenden Dampfblasen einander so schnell,
s wegen der fortdauernden Bewegungen der Flüssigkeit ihr
uck fast gänzlich verschwindet, weswegen auch die Wärme
Dampfes und die der oberen Flüssigkeitsschichten nicht
rklich verschieden sind. Sind Salze im Wasser aufgelöst,
mufs der aufsteigende Dampf, um dem äufseren Luftdrucke
widerstehn, die Siedehitze des reinen Wasserdampfes haben,
e schätzbare, durch Rudberg fest begründete Erweiterung

---

1 S. Art. *Atmosphäre*. Bd. I. S. 488.
2 Poggendorff's Ann. XL. 52.

Digitized by Google

unserer Kenntnisse über das Verhalten der Dämpfe; die Temperatur der Auflösung mufs $= T + t + t'$ seyn, worin t' zur Ueberwindung der Kraft gehört, womit die Flüssigkeit durch das Salz angezogen wird, und wenn man $T + t + t' = T'$ setzt, so ist die Temperatur des Dampfes $= T' - (t' + t)$ oder (t als verschwindend klein angenommen) $= T' - t'$. Sind zwei Flüssigkeiten vereint, die sich nicht mit einander vermischen, so bin ich der Ansicht, dafs der Dampf derselben diejenige Hitze haben müsse, welche der Dampf der flüchtigsten unter ihnen erfordert, um dem atmosphärischen Drucke zu widerstehn. Nennen wir die Siedehitze der leichter siedenden Flüssigkeit Θ, so ist die Temperatur des Dampfes $= \Theta - (t + t')$, und da in diesem Falle t' verschwindend klein ist, so wird für den Fall, dafs die flüchtigere Substanz sich oben befindet, also für ein gleichfalls verschwindendes t, die Hitze des Dampfes $= \Theta$ d. h. bis auf eine Kleinigkeit der siedenden Flüssigkeit gleich seyn; für den Fall aber, wenn die leichter siedende Flüssigkeit die untere Schicht bildet, mithin nicht blofs der Druck, sondern auch der Zusammenhang der oberen Schicht überwunden werden mufs, also t einen gröfsern Werth erhält, ist die Siedehitze der Flüssigkeit $= \Theta + t$, die des Dampfes dagegen $= \Theta$. Sind beide Flüssigkeiten mischbar, so müfste die Temperatur des gemischten Dampfes $= \Theta$ seyn, d. h. diejenige, bei welcher der Dampf der flüchtigsten dem atmosphärischen Drucke zu widerstehen vermag, die der siedenden Flüssigkeit aber $= \Theta + t'$, wenn t als unbedeutend vernachlässigt wird. Dabei wäre dann der zugleich mit bestehende Dampf der minder flüchtigen Flüssigkeit in einem gleichen Zustande befindlich zu betrachten, als der mit atmosphärischer Luft verbundene Wasserdampf, d. h. könnte man den von ihm eingenommenen Raum durch einen indifferenten festen Körper ausfüllen, so würde der Dampf der leichter siedenden Flüssigkeit für sich allein dem atmosphärischen Drucke widerstehen müssen. Hierbei wächst die Gröfse t' mit der verhältnifsmäfsig grofsen vorhandenen Menge der schwerer siedenden Flüssigkeit; denn es ist ein bekanntes Naturgesetz, dafs gröfsere Massen gegen verhältnifsmäfsig kleinere eine stärkere Anziehung ausüben. So verbreitet sich ein einziger Tropfen Oel über eine grofse Wasserfläche, die letzten Antheile Wasser sind nur mit grofser Mühe vom Quecksilber zu trennen u. s. w. Aus dieser Ursache wird erklärlich, warum nach

LLES (§. 521) ein kleiner Zusatz von Wasser den Siede- t des Alkohols nur wenig erhöht, bei vorhandner gröfserer ge steigt derselbe aber allmälig bis zu dem, welcher dem n Wasser zukommt. Hiernach kann der Siedepunct ver- r Flüssigkeiten nie tiefer liegen, als der, welcher der tigsten angehört, und die von LIEBIG beobachteten Er- nungen sind also ganz eigentliche Anomalieen, deren Er- ungsgrund erst gesucht werden mufs, wenn wir nicht an- nen wollen, dafs eben durch die Einwirkung der Wärme neue, leichter siedende Flüssigkeit gebildet wird. Läfst man ich zu dem im Torricelli'schen Vacuum befindlichen Dampfe, her sich noch über seiner Flüssigkeit befindet, eine andere, letzterer mischbare Flüssigkeit aufsteigen, so bildet sich gemischter Dampf, dessen Elasticität einer Temperatur Füssigkeit $= \Theta + t'$ zugehört. Hatte der einfache Dampf er diejenige Elasticität, welche der Temperatur Θ' zugehörte, rlangt er jetzt eine der Temperatur $\Theta' - t'$ zugehörige; er daher minder elastisch werden, also der von ihm einge- mene Raum sich vermindern. Die meisten dieser Sätze men mit bekannten Erfahrungen überein, andere aber, na- tlich die Temperaturen der Dämpfe gemischter Flüssigkeiten ffend, verdienen erst durch genaue Versuche näher geprüft verden.

528) Es war bereits oben (§. 521) von dem *heftigen Sto-* die Rede, welches Salzsolutionen vor und nach dem an- ngenen Sieden zeigen und man durch hineingeworfene ke Metall zu beseitigen pflegt. Die Sache ist allgemein nnt, ich selbst habe die Erscheinung oft wahrgenommen, nur dann, wenn das Sieden noch nicht begonnen hatte und ı etwas unaufgelöstes Salz vorhanden war; nach eingetrete- heftigen und anhaltenden Sieden fand dasselbe nicht mehr , war aber in einem Falle einst so stark, dafs ein auf einer allplatte stehendes Medicinglas hoch in die Höhe geschleu- wurde und zerbrach. GAY-LUSSAC[1] war wohl der Erste, :her in neuerer Zeit die Aufmerksamkeit der Physiker auf e Detonation der Dämpfe (*Soubresot*) lenkte und eine Er- ung davon gab. Das Phänomen zeigt sich nach seiner Er- ung dann, wenn die ruhigen Flüssigkeiten ohne aufsteigende

1 Ann. de Chim. et Phys. 1818. Mars.

Digitized by Google

Dampfblasen über ihren Siedepunct erhitzt werden, und namentlich sind die Stöfse bei der Schwefelsäure so heftig, dafs eine Destillation derselben ohne Gefahr, den Apparat zertrümmert zu sehen, nicht bewerkstelligt werden kann. Gay-Lussac fand aber sofort das genügende Mittel auf, diesem Uebel vollständig zu begegnen, denn als er einige Stücke Platindraht hineinwarf, ging die Destillation ruhig von statten. Die Stöfse haben eine auffallende Aehnlichkeit mit den oben (§. 517) erwähnten, von mir beobachteten, die sich an die Erscheinung des sogenannten Simmerns anreihen lassen. Magnus[1] nahm bei seinen erwähnten Versuchen ein diesem ähnliches, wo nicht gleiches, Phänomen wahr, und seine Erfahrung kann als ein schätzbarer Beitrag zur Erklärung desselben dienen. Es zeigte sich häufig dann, wenn die leichter siedende Flüssigkeit die unterste Schicht bildete, und war von solcher Heftigkeit, dafs oft der Versuch unterbrochen werden mufste, um das Zertrümmern des Gefäfses zu verhüten. Er brachte darauf die Kugel eines Thermometers dicht unter die oberste Flüssigkeit, und sah dann das Thermometer vor dem Stofse um mehrere, selbst 3° bis 5°, je sogar 10° C. über den Kochpunkt der unteren Flüssigkeit steigen, bis eine starke Dampfblase heftig die obere Schicht durchbrach und das Thermometer wieder auf den Siedepunct der unteren Flüssigkeit herabsank, worauf es sich so lange erhielt, als die Dämpfe ungehindert aufstiegen. Hiernach glaubt er, dafs die Dampfbildung durch den Zusammenhang der oberen Schichten gehindert wird, selbst wenn die Temperatur weit über den Siedepunct hinausgerückt ist, bis der gebildete Dampf den Zusammenhang gewaltsam durchbricht. Befindet sich in der Flüssigkeit ein Platindraht oder nur ein Eisendraht[2], selbst wenn dieser nicht in die obere Schicht hinaufragt, so findet das Stofsen nicht statt, und wenn auch die obere Schicht aus dickem, ohne Draht nicht zum Sieden zu bringenden Terpentinöl besteht. Man mufs sich indefs hüten, den Draht unmittelbar vor dem Sieden in die Flüssigkeit zu werfen, weil diese sonst mit Heftigkeit aus dem Gefäfse geschleudert wird.

Ob die Ursache dieses Phänomens ohne weitere Modifica-

---

1 Poggendorff's Ann. XXXVIII. 491.

2 Legrand §. 517 fand Zink und nächstdem Eisen am wirksamsten.

Digitized by Google

1907/1. Die Entwicklung der neuen Bergedorf-Hamburger Bahn. Mit besonderer Berücksichtigung der Bauausführung. Hrsg. von der Direktion der Hamburg-Bergedorfer Eisenbahn. Hamburg: Boysen & Maasch 1907. 4°. 1 Bl., 48 S. mit 1 Übersichtskarte, 1 Lageplan, 1 Profil, 1 Tafel Querschnitte, 1 Tafel Grundrisse, 1 Tafel Ansichten, 1 Tafel Einzelheiten, 1 Tafel Brückenbauten, 1 Tafel Hochbauten, 1 Tafel Stellwerke, 1 Tafel Signale, 1 Tafel Weichen und Kreuzungen, 1 Tafel Gleisanlagen, 1 Tafel Gleisanschlüsse, 1 Tafel Gleisanschlüsse, 1 Tafel Gleisanschlüsse

Erscheinungen erinnert. So wie hierbei der äufsere Luftdruck selbst Metallplatten mit grofser Heftigkeit gegen die Oeffnung treibt, aus welcher die Luft oder der Dampf fortwährend ausströmt, mufs derselbe auch die Flüssigkeit in den Raum hineinstofsen, aus welchem die grofse Luftblase aufgestiegen ist, und zwar mit noch gröfserer Gewalt, weil der heifse Dampf seine Wärme abgiebt, und daher das Vacuum ungleich stärker wird, als durch die rasche Bewegung der Luft bei jener Erscheinung. Obendrein kommt noch der Umstand hinzu, dafs die Dampfbildung an der Stelle, von wo die Blase aufsteigt, momentan aufhört und die dadurch über den Siedepunct der Flüssigkeit erhitzte Stelle, wie im Leidenfrost'schen Versuche (§. 271), keinen Dampf weiter erzeugt, dagegen den vorhandenen durch höhere Wärme stärker ausdehnt, bis der heftige Stofs die Flüssigkeit mit ihr wieder in Berührung gebracht hat.

529) Dieses Phänomen hängt mit einem andern zusammen, welches hier sofort zur Untersuchung kommen möge. Es ist nämlich eine bekannte Sache, dafs Flüssigkeiten, vorzüglich die flüchtigeren, in einem offenen weiten Gefäfse bei weit niedrigeren Temperaturen sieden, als in engen Glasröhren, am höchsten aber läfst sich die Hitze vor dem Sieden treiben, wenn sie in einer Kugel eingeschlossen sind, an der sich eine enge Thermometerröhre befindet. Dieses eigenthümliche und anscheinend abnorme Verhalten fiel mir vorzüglich auf, als ich bei den Versuchen über die Ausdehnung der tropfbaren Flüssigkeiten die Hitze des Schwefeläthers, welcher in der halbgefüllten Kugel jederzeit bei 35° C. siedete, bei gänzlicher Anfüllung derselben und des gröfsten Theils des Röhrchens bis 40°, ja sogar einmal bis 50° C. steigerte, worauf dann aber, ohne vorausgegangenes Aufwallen oder eigentlich sogenanntes Sieden, die gesammte Masse in einem fontainenartigen Strahle aus dem Apparate geschleudert wurde. Bei rectificirtem Steinöl zeigte sich die nämliche Erscheinung, denn auch dieser liefs sich bis 100° C. erhitzen, ungeachtet sein Siedepunct bei 85°,5 liegt, und ebenso liefs sich der Schwefelkohlenstoff, dessen Siedepunct bei 46°,6 C. liegt, bis 65° erhitzen [2]. Aehnliche Erscheinungen sind

---

1 Mém. prés. à l'Acad. de Petersb. T. I. p. 342.

2 Sur la dilatation de l'Alcool absolu cet. ibid.

Digitized by Google

oft beiläufig beobachtet worden, dafs ich es für überflüssig halte, hrere Beispiele anzuführen; zur Erzeugung derselben dienen r verschiedene vereinte Ursachen. Die wesentlichste unter sen ist die Adhäsion des dünnen Flüssigkeitscylinders im gen Röhrchen an den Wandungen des Glases, welche beıntlich stärker ist, als die Adhäsion der Theilchen der Flüskeit unter einander; die Masse der Flüssigkeit in diesem gen Cylinder ist verschwindend klein gegen die anziehende erfläche. Aufserdem aber befindet sich die Flüssigkeit in völer Ruhe, ein einzelnes Bläschen kann die Theilchen derselben ht verdrängen und sich einen Weg zum Aufsteigen bahnen, det überhaupt keinen Raum, sich zur ursprünglichen Bildung zudehnen, weswegen auch das Sieden mit einem Heraustben der gesammten Flüssigkeit beginnt. Es kommt indefs ch diejenige Ursache hinzu, woraus so eben das Stofsen der slösungen und gemischten Flüssigkeiten erklärt wurde, nämh die Adhäsion der Dampftheilchen an die Theilchen der issigkeit selbst, welche bewirkt, dafs die Wärme bedeutend teigert werden mufs, um dieses Hindernifs zu überwinden. dieser Hinsicht ist dieses Verhalten dem hinlänglich bekann- analog, wonach das Wasser viele Grade unter seinen Gerpunct erkalten kann, ohne dafs die ersten Eiskrystalle ergt werden. Sehr nahe liegt endlich der Druck der Flüssigtssäule, welche sich im Röhrchen befindet; allein da die he derselben nur etwa 6 bis 10 Zoll betrug, namentlich der hwefeläther aber nur ein geringes specifisches Gewicht hat, dürfte die allerdings statt findende Mitwirkung dieser Urhe nicht hoch anzuschlagen seyn.

530) Die wesentlichste Bedingung der Temperatur des Siepunctes aller Flüssigkeiten ist der jederzeitige Luftdruck oder Druck, welchen jeder auf die Oberfläche der erwärmten issigkeit drückende Körper ausübt, weswegen man bei der Ange der Temperatur des Siedens jederzeit diesen statt findenden uck und, da derselbe in der Regel durch die atmosphärische ft ausgeübt, dieser aber durch das Barometer gemessen wird, n gleichzeitigen Barometerstand anzugeben pflegt. Da die edehitze des reinen Wassers den einen Normalpunct der Thermeterscalen abgiebt, so ist die Hauptsache dieser Aufgabe, mentlich wie man für Wasser einen constanten Siedepunct hält und wie derselbe nach den verschiedenen Barometerhöhen

variirt, bereits mitgetheilt worden[1], und da man indirect aus der Temperatur des siedenden Wassers auf den zugehörigen Barometerstand zu schliefsen vermag, mithin das Thermometer statt des Barometers zu Höhenmessungen anzuwenden vorgeschlagen hat, so mufste die Sache auch in dieser Beziehung erörtert werden[2]; hier kann also nur von der Aufgabe im Allgemeinen die Rede seyn. Es bedarf dabei zugleich keiner Erörterung des Zusammenhanges, in welchem der Druck auf die Flüssigkeit mit der Temperatur ihres Siedens steht, denn dieser geht aus dem bereits angegebenen Wesen des letzteren von selbst hervor.

Der Erste, welcher wahrnahm, dafs Wasser und Weingeist in luftleeren Gefäfsen bei weit geringerer Hitze sieden, als in lufterfüllten, war wohl Papinus[3], dessen Untersuchungen über die Dämpfe diesen zugleich viel mit der Luftpumpe experimentirenden Physiker nothwendig zu Wahrnehmungen dieser hat führen mufsten. Derselbe verfertigte auch die ersten Wasserhämmer, aus einer blofsen luftleeren, mit etwas Wasser gefüllten Glasröhre bestehend, in welcher dann diese Flüssigkeit eine geraume Zeit über einer Lichtflamme siedete, ohne dafs ihre Wärme einen bedeutenden Grad erreichte. Hierdurch aufmerksam gemacht wiederholte Huygens[4] die Versuche und fand die Sache bestätigt. Franklin[5] aber erfand die nach ihm benannte *Franklin'sche Röhre*, eine Glasröhre mit einer mäfsig grofsen Kugel an jedem Ende, worin sich eine Mischung von Wasser und Alkohol befand, die in der einen Kugel lebhaft siedete, wenn man die andre durch die Hand erwärmte. An diese Untersuchungen, die theilweise zur Ergötzung dienten, schlossen sich diejenigen anderer Gelehrten an, welche den Zusammenhang der Siedehitze mit dem tieferen Barometerstand auf hohen Bergen aufzufinden sich bemühten. Als Amontons sich bestrebte, einen festen Punct der Thermometerscalen aufzufinden, gelangte er zu dem Resultate, dafs die Temperatur des siedenden Wassers unter allen Bedingungen eine constante

---

1 S. Art. *Thermometer*. Bd. IX. S. 890.
2 S. ebendaselbst S. 962.
3 Nouvelles expériences du vuide. Par. 1674. 4.
4 Philos. Trans. N. 122. p. 544.
5 De Saussure Essay's sur l'Hygrométrie. Ess. III. chap. I. §. 186.
6 Mém. de l'Acad. de Paris. 1703.

r, Fahrenheit[1], welcher anhaltender und mit gröfserer Sorg-
t experimentirte, gewahrte schon 1724 den Einfluſs, welchen
r ungleiche Barometerstand auf die Temperatur des siedenden
assers ausübte, und wenn es auffallend scheint, daſs dieses
ht nach dem, was Papin und Huyghens bereits aufgefunden
tten, als nothwendig folgend betrachtet wurde, so darf nicht
ersehn werden, daſs man zwar die Gesetze des Luftdruckes
mals bereits kannte, allein die Vorstellungen von demselben
ch nicht zur gehörigen Klarheit gelangt waren und daher
mer noch dem leeren Raume ein eigenthümlicher Einfluſs
f die darin siedende Flüssigkeit beigelegt wurde. Ganz eigent-
h wissenschaftlich waren dagegen die Versuche der Gelehrten,
elche die Erniedrigung des Siedepunctes des Wassers auf
hen Bergen maſsen und richtig als Folge des tieferen Baro-
terstandes betrachteten. Le Monnier und Cassini[2] brach-
ı ein Quecksilberthermometer, dessen Siedepunct zu Perpignan
i 28 Z. 2 Lin. Barometerhöhe bestimmt worden war, auf den Gipfel
ı Canigou in den Pyrenäen, wo der Barometerstand nur 20 Z.
i Lin. betrug, und fanden daselbst die Temperatur des sie-
nden Wassers um 9° R. tiefer. Auf gleiche Weise fand Se-
ndat de Montesquieu[3] die Siedehitze des Wassers auf
m Pic du Midi, verglichen mit der zu Bagnères, um 18° F.
d die des Weingeistes um 13° F. niedriger. Eine groſse Menge
n Versuchen stellte auch Shuckburgh[4] bei seinen Reisen
den Alpen und auf den Bergen Groſsbritanniens an; am aus-
rlichsten aber wurde das Problem durch de Luc untersucht,
ssen Bemühungen, das Verhältniſs zwischen den Veränderungen
r Quecksilberhöhe im Barometer und den diesen zugehörigen
r Siedepuncte aufzufinden, bereits erwähnt worden sind[5].

Die Sache selbst läſst sich durch einen einfachen Versuch

---

1 Philos. Trans. N. 385. S. 179. Nach Murray in Philos. Mag. I Journ. T. LXVII. p. 201 soll Fahrenheit zuerst geäufsert haben, n könne das Thermometer zum Höhenmessen gebrauchen. Murray lt aber nach eigenen Erfahrungen und denen des Cap. Hall in der hweiz die Methode für nicht geeignet, genaue Resultate zu geben.

2 Mém. de l'Acad. de Paris. 1740. p. 131.

3 Philos. Trans. N. 472.

4 Philos. Trans. T. LXIX. p. 362.

5 Vergl. Lichtenberg in: Magazin für das Neueste a. d. Physik. l. II. St. I. S. 219.

Digitized by Google

leicht anschaulich machen. Zu diesem Ende stellt man ein Glas mit Wasser von etwa 50° C. Wärme unter eine Campane auf den Teller der Luftpumpe und exantlirt. Sobald ein Vacuum erzeugt wird, steigen zunehmend kleine Bläschen im Wasser auf, über der Wasserfläche erhebt sich Wasserdunst, genau so wie man es beim gewöhnlichen Erhitzen des Wassers wahrnimmt, und wenn die Luft hinlänglich verdünnt ist, so tritt ein vollständiges, dem gewöhnlichen vollkommen ähnliches, Sieden ein. Weil aber die Temperatur des Wassers durch die aufsteigenden Dämpfe herabgeht, den Verlust durch Strahlung nicht gerechnet, und der Dampf selbst mit der ihm eigenthümlich zugehörenden Elasticität auf das Wasser drückt, so hört das Sieden bald auf, das Exantliren mufs wieder begonnen und der Rest der noch vorhandenen Luft nebst den erzeugten Dämpfen weggenommen werden, damit das Sieden wieder beginnt. Je stärker die Luftpumpe exantlirt, bis zu desto niedrigern Temperaturen kann dieser Versuch fortgesetzt werden, wenn man auf das nachtheilige Eindringen des Wasserdampfes in die Röhren und Ventile der Luftpumpe keine Rücksicht nimmt. Uebrigens geht aus der geringen Temperatur des unter diesen Umständen wirklich siedenden Wassers anschaulich hervor, dafs auf hohen Bergspizen, z. B. in dem Hospiz auf dem St. Bernhard, der Meierei von Antisana u. s. w., die Hitze des in offenen Gefäfsen siedenden Wassers nicht genügt, um die thierische Muskelfaser genugsam zu erweichen, und dafs die dortigen Bewohner daher sich zur Bereitung nahrhafter Speisen des Papin'schen Digestors bedienen müssen. Ein sehr interessanter, die Sache ausnehmend erläuternder Apparat ist der *Wasserhammer* (*Marteau d'eau*)[1]. Dieser besteht meistens bloß aus einer 0,5 bis 1 Zoll weiten, 6 bis 8 Zoll langen Glasröhre, welche am einen Ende gewölbt zugeblasen, am andern mittels eines kurzen, sehr engen Röhrchens mit einer Kugel von 1 bis 2 Zoll Durchmesser verbunden ist. In dieser Gestalt dient er zunächst dazu, um durch das heftige Schlagen des Wassers gegen den Boden der Röhre zu zeigen, dafs das Wasser trotz sich als hart erscheint und zugleich an dem Herabfliefsen an der Kugel in die Röhre und umgekehrt, welches in lufterfüllten Röhren nicht statt findet, nur durch den Widerstand der

1 Vergl. Sigaud de la Fond Dict. de Phys. Art. *Marteau d'eau.*

Digitized by Google

gehindert wird. Der Wasserhammer ist nämlich luftleer und zu 0,3 oder nur 0,25 mit Wasser gefüllt. Soll der Ap– das Sieden des Wassers durch die Wärme der Hand und ich die Erzeugung, so wie das Verschlucktwerden der fblasen anschaulich zeigen, so mufs er mit gröfserer Vor– verfertigt werden. Am besten dient hierzu eine wenigstens weite, 12 Z. lange und mit einer 2 Z. weiten Kugel telbar verbundene Röhre. Die Kugel wird oben in eine Fig. 75.
Spitze ausgezogen, durch diese der Apparat mit reinem er bis etwa zur Hälfte gefüllt und dieses mehrere Stunden ftigem Sieden erhalten, um auch die letzten Antheile Luft ffernen. Mitten im Sieden, nachdem etwa die Hälfte des ers verdampft ist, verschliefst man schnell die Spitze mit lack, entfernt das Feuer, um ein Zerplatzen zu verhüten, den Apparat erkalten und schmelzt die Spitze mit der mpe ab. Läfst man später den gröfsten Theil des Was– n die Kugel fliefsen, so dafs der Zugang derselben in die eben verschlossen ist, und erwärmt man das andere Ende öhre mit der Hand, so sieht man fortwährend Dampf– aus der Röhre in die Kugel dringen, wo sie augenblick– und zwar mit hörbarem Geräusch, wieder niedergeschlagen n; das Geräusch, den Stöfsen der zu sieden beginnenden gkeiten ähnlich, vernimmt man deutlicher und verstärkt, man die Kugel auf eine Tischplatte, ein Bret, eine Glas– u. s. w. legt[1].

31) Eine artige Spielerei gewähren kleinere Apparate von Fig. 76.
ihr ähnlicher Form, deren Röhren nur etwa 5 bis 6 Z. 0,75 Z. weit, mit einer durch zwei Thermometerröhrchen lerten Kugel und oben mit einem länglichen Gefäfse n sind. Sie werden mit gewöhnlichem Weingeist gefüllt mit geringerer Mühe luftleer gemacht. Bringt man die gkeit gröfstentheils, ohne genaue Beachtung des quanti– Verhältnisses, in den einen, durch eins der engen hen abgesonderten Theil des Apparates und hält diesen nach während der untere durch die Hand erwärmt wird, so

---

Die angegebene Construction ist die einfachste; man versieht lie Apparate zuweilen mit Zierrathen und verfertigt sie von en, bis zum Doppelten der angegebenen Dimensionen und dar– Einen anderthalb Fufs langen und proportional grofsen von s sah ich im Cabinette der London University.

Digitized by Google

siedet die Flüssigkeit heftig entweder im obern Theile des Apparates allein oder auch zugleich in der Kugel; das Stofsen wird aber dabei nicht gehört, weil der Weingeist hierfür nicht hart genug, vielmehr zu flüssig ist. Dieser Apparat ist eigentlich nur eine Modification der bereits genannten *Franklin'schen Röhre*, welche auch Pulshammer (*Pulse-glas, Palmglas*) genannt wird[1]; seine Gestalt ist genau wie die des Kryophorus, nur ist in ihm Weingeist statt des Wassers enthalten und die Dimensionen sind
Fig. 77. meistens kleiner, die Röhre 5 bis 6 Zoll lang, die Kugeln etwa 1,5 Zoll im Durchmesser haltend. Ist derselbe hinlänglich luftleer, hält man ihn horizontal, die Kugeln nach oben gerichtet, befindet sich von dem enthaltenen Weingeist, welcher in seiner Gesammtheit jedoch die eine der Kugeln nicht ganz ausfüllen darf, in jeder der Kugeln die Hälfte, und nimmt man die eine der Kugeln, sie ganz umschliefsend, in die Hand, so steigt die gesammte Flüssigkeit sofort in die freie Kugel und beginnt dann heftig zu sieden. Hierbei zeigt sich jederzeit ein Phänomen, welches ich nirgends besonders hervorgehoben oder nur überhaupt erwähnt finde, und doch scheint es mir von vorzüglicher Wichtigkeit zu seyn. Wenn man die Kugel umfafst, so fühlt man anfangs keine Kälte, vielmehr tritt eine scheinbare Steigerung der Wärme ein, weil die Kugel ein schlechter Leiter ist; in dem Augenblicke aber, wo die Flüssigkeit in der andern Kugel heftig aufwallet, selbst auch wenn vorher ein fontainenartiges Aufsprudeln derselben stattfand, empfindet man eine auffallende Kälte, die nur wenige Augenblicke anhält. Es scheint mir, als gäbe es nur drei mögliche Ursachen dieser momentanen Wärmeverschluckung. Nach der einen müfste angenommen werden, dafs die erwärmte Flüssigkeit eine höhere Wärme annähme, als welche ihrem Siedepuncte zugehörte, diese aber in dem Augenblicke auf gleiche Weise verlöre, als dieses vor und während des sogenannten Stofsens (§. 528) nach den Erfahrungen von Magnus statt findet. Dieser Ansicht steht aber entgegen, zuerst dafs kein Mangel an Dampfbildung statt findet, vielmehr treibt der gebildete Dampf die Flüssigkeit mit Gewalt in die andere Kugel. Nach einer zweiten Erklärung liefse sich annehmen, dafs der erzeugte, in die zweite Kugel

1 Vergl. Robison System of mechanical Philosophy ect. Edin. 1822. T. II. p. 14.

Digitized by Google

ei eindringende und das heftige Sieden bewirkende Dampf
ne gröfsere Menge Wärme absorbire, allein auch hiergegen
fst sich einwenden, dafs dann die bemerkte Kälte ebenso
ie die Dampfbildung fortdauern müfste, statt dafs sie nur
omentan oder sehr kurze Zeit dauernd ist, während das Sie-
n fortwährend, wenn auch mit etwas verminderter Heftig-
it, statt findet. Man kann daher nicht wohl umhin, zu ei-
r dritten Erklärung überzugehn. Hiernach wird zwar vom
sten Augenblicke an Dampf entwickelt und seine stärkere
annung dazu verwandt, die Flüssigkeit durch die enge Röhre
treiben; in dem Augenblicke aber, wo er frei entweichen
nn, dehnt er sich aus und erzeugt die Empfindung der
älte durch Absorption der zu dieser seiner Expansion erfor-
rlichen Wärme. Dieses ist wohl ohne Zweifel die richtige
nsicht; sofern aber hierbei ein Wechsel der in gröfserer oder
ringerer Menge zuströmenden Wärme statt findet, hat das
änomen in gewisser Beziehung Aehnlichkeit mit dem in
518 beschriebenen[1].

532) Wegen des bedeutenden Einflusses des Luftdruckes
f die Temperatur des Siedepunctes der verschiedenen Flüs-
keiten ist man übereingekommen, hierfür denjenigen Baro-
terstand anzunehmen, bei welchem der Siedepunct der Ther-
meter bestimmt wird[2], und da dieser zur Zeit der Versuche
cht immer statt findet, so giebt man zugleich mit den erhal-
en Resultaten den gleichzeitig beobachteten Barometerstand
, um hiernach annähernd zu schätzen, wie weit etwa die
gebene Bestimmung von der absolut genauen sich entfernen
ge. Um die Abweichung scharf zu berechnen, mufs das
setz der Elasticität der Flüssigkeiten als Function der Wär-
genau bekannt sein, was wir jedoch nur bei den wenig-
n hinlänglich kennen. Ist der Unterschied des beim Versu-
e statt findenden Barometerstandes und des normalen nur ge-

---

1 Es hat mir wiederholt geschienen, als ob die Erzeugung der
n Sieden des Weingeists erforderlichen Wärme bei verschiedenen
sonen ungleich sey und sich hiervon auf die Energie des bei ih-
n statt findenden Lebensprocesses schliefsen lasse. Der Apparat
rdiente wohl, in dieser Hinsicht von den Physiologen beachtet zu
rden. Absichtlich angestellte, ausgedehntere Versuche würden hier-
er nähere Auskunft geben.

2 Vergl. Art. *Thermometer*. Bd. IX. S. 890.

ring, so wird man sich von der Wahrheit nicht sehr entfernen, wenn man das *Dalton'sche Gesetz* (§. 523) in Anwendung bringt, wonach für gleiche Temperaturen unter oder über dem Siedepuncte den Dämpfen der verschiedenen Flüssigkeiten gleiche Unterschiede der Temperaturen zugehören. Uebrigens genügt es im Allgemeinen, den Siedepunct der verschiedenen Flüssigkeiten mit gehörig genäherter Genauigkeit zu bestimmen, und für mehr sind auch die in der unten angehängten Tabelle angegebenen Bestimmungen nicht zu halten; blofs beim Wasser wo möglichste Schärfe unerläfslich, weil wir sonst im Thermometer selbst kein genaues Mefswerkzeug besäfsen.

Wirken stark vermehrter Druck und hohe Kälte gleichzeitig auf Dämpfe oder die ihnen ähnlichen Gase, so werden diese tropfbar-flüssig, und wir könnten daher die Temperaturen, wobei dieses statt findet, als ihre Siedepuncte ansehn, würden uns aber dadurch von der aufgestellten Regel entfernen, wonach wir die Siedepuncte der Flüssigkeiten der Vergleichung wegen auf den gemeinschaftlichen mittleren Barometerstand reduciren. Die Untersuchung des erforderlichen Druckes, unter welchem einige Gase, die in dieser Beziehung als Dämpfe zu betrachten sind, tropfbar-flüssig werden, mufs daher hier, wo es sich um die Bestimmung der Siedepuncte bei mittlerem Barometerstande handelt, ausgeschlossen werden und ist aufserdem bereits angestellt worden[1].

Einige gemischte Flüssigkeiten, als Salzsolutionen, Wasser mit Alkohol u. s. w., erleiden durch Wärme eine Zerlegung, und der Siedepunct rückt folglich stets höher hinauf; soll daher die Temperatur ihres Siedepunctes bestimmt werden, so mufs dieses in dem ersten Augenblicke geschehn, wo die Dampfentwickelung beginnt. Andere Körper, namentlich die fetten Oele, zeigen zwar gleichfalls ein Aufwallen, was man als ein Sieden betrachten könnte, allein nach Placidus Heinrich[2], Carradori[3] und Anderen sind es blofs die Dämpfe des mit

---

1 S. Art. *Gas*. Bd. IV. S. 1018.

2 Phosphorescenz der Körper. Th. I. S. 188. G. XII. 102.

3 S. Brugnatelli Giorn. T. III. p. 380. Bellani bestreitet diese früher durch Carradori aufgestellte Behauptung in Brugnatelli Giorn. T. III. p. 26, weil dieser zugestehe, dafs die Oele durch Hitze aufwallen, man aufserdem die Oele bekanntlich destilliren könne; allein

Digitized by Google

n Oelen verbundenen Wassers, welche dieses Aufwallen er-
ugen; die Oele selbst erleiden durch die Hitze eine Zer-
zung, werden zunehmend dickflüssiger und ein eigentliches
den derselben findet überall nicht statt. Ich selbst gewahrte[1],
s der Kampfer, wenn er in Glasröhren eingeschlossen im
ssigen Zustande erhitzt wird, stark aufwallet, ohne jedoch
mpfe von bedeutender Elasticität zu entwickeln, was erst in
herer Temperatur geschieht. Gelegentlich kann hier auch an
Betrachtungen erinnert werden, welche Gay-Lussac[2] über
Verdampfung der verschiedenen Körper anstellt, die bei
igen nur dann erfolgt, wenn die Luft freien Zutritt hat,
nach also manche als nicht flüchtig erscheinen könnten, wenn
se Bedingung bei ihrer Erhitzung fehlt. So läfst sich salz-
res Kali lange selbst in der Rothglühhitze erhalten, ohne
s es merklich verdampft, wenn es mit einem Deckel genau
deckt ist, statt dafs es stark verdampft, wenn die Luft freien
tritt hat. Diesem ähnlich ist, dafs Blei, Wismuth und An-
on in offenen Gefäfsen stark verdampfen, in verschlossenen
gegen nicht. Es steht dieses mit der schon durch Fontana
nachten Bemerkung in Verbindung, dafs auch das Wasser
ter dem Siedepuncte nur wenig verdampft, wenn das Gefäfs,
rin es sich befindet, durch eine enge Röhre ohne Luftzug
t der äufseren Atmosphäre in Verbindung steht. Bei ge-
schten Flüssigkeiten, von denen die eine bei niedrigern
mperaturen siedet als die andere, mit ihr verbundene, ver-
ten nach seiner Ansicht die Dämpfe der ersteren die Stelle
Luft und führen stets die Dämpfe der letzteren mit sich
t, weswegen es unmöglich ist, durch dieses Mittel beide
einander zu trennen. Endlich mufs auch die unter dem
men des *Leidenfrost'schen Versuches*[3] oben (§. 271) bereits
rterte Erscheinung in Beziehung auf das Sieden erwähnt

IRADORI zeigt, dafs die beim Aufwallen des Oeles aufsteigenden
stischen Flüssigkeiten keine reinen Oeldämpfe sind, sondern verun-
nigte Wasserdämpfe und Gase, die durch Abkühlung nicht wieder
Oel werden, weswegen man kein eigentliches Sieden der Oele an-
hmen könne.

1 Physikalische Abhandl. Giefsen 1816. S. 438.

2 Aus Mém. de la Soc. d'Arcueil in G. XXVII. 147.

3 Leidenfrost's Versuche findet man auch in dessen Opusc. phys.
d. Lemg. 1797. T. III. p. 35.

Digitized by Google

werden, sofern dabei kein Sieden statt findet, ungeachtet alle dazu erforderlichen Bedingungen gegeben sind. Einige Gelehrte waren geneigt, auch hierin kein Sieden, sondern eine Zerlegung des Wassers in seine Bestandtheile anzunehmen, als namentlich Lichtenberg[1] und J. T. Mayer[2] und Andere, Bosc d'Antic[3] hielt die Wassertropfen für hohle Kugeln, weil die Glasbläser in die aufzublasenden Glasmassen Wasser mit dem Munde bringen, wodurch sie sich zu einer hohlen Kugel ausdehnen, in welcher einzelne Wasserkugeln umherrollen, Crignon[4] nahm zu einer ganz unzulässigen Hypothese, nämlich einer Bindung des Feuers durch das Metall, seine Zuflucht, Deslandes[5] war aber vermuthlich mit den Beobachtungen Leidenfrost's nicht bekannt, als er auf ein ähnliches Phänomen aufmerksam machte. Ward nämlich ein Löffel voll Wassers auf die glühende Glasmasse in einem grofsen Tiegel gegossen, so formirte sich dasselbe ohne Explosion zu einer Kugel, welche nach mehreren Minuten verdampft war. Die Ursache hiervon glaubte er in der starken Verdünnung der Luft über dem Glase suchen zu müssen, welche eine Explosion unmöglich mache, und Monnet fand dieses dadurch bestätigt, dafs kleine Quantitäten Wasser, auf eine 80 Mark betragende geschmolzene Silbermasse gebracht, in Form kleiner Kugeln darauf umherrollten, eine gröfsere Menge aber in Folge der stärkeren Abkühlung eine Explosion erzeugte. Es genügt jedoch hier, auf die oben mitgetheilten Thatsachen und die auf richtigen Principien beruhende Erklärung zu verweisen, doch mufs ich nachträglich dasjenige hinzufügen, was Buff[6] in Beziehung auf dieses Phänomen geleistet hat, von mir aber zufällig übersehn worden ist. Im Allgemeinen fand er die Hitze der Wassertropfen wechselnd, nie aber die Siedehitze erreichend; auch machte die Färbung des Wassers mit etwas Indigo keinen Unterschied, wie denn auch matte und rauhe Oberflächen das Gelingen der Versuche nicht hinderten. Dagegen ist nach ihm

---

1 Scherer's allgem. Journ. d. Chem. Th. VII. S. 646.

2 S. Gött. gel. Anz. 1801. S. 838.

3 Journ. de Phys. T. XI. p. 411.

4 Journ. de Phys. T. XII. p. 288.

5 Journ. de Phys. T. XI. p. 30.

6 Poggendorff's Ann. XXV. 591.

Digitized by Google

ute Leitungsfähigkeit nothwendige Bedingung des Gelingens nd daher Silber weit geeigneter, als Platin. Die Erscheinung eigte sich ebenso gut beim Weingeist, als beim Wasser, auch elang der Versuch mit liquidem Ammoniak und Salzsäure, eniger mit Schwefelsäure, welche zwar in einem Platingefäfse ugelförmig langsam verdunstete, das Silber aber bald zu be- etzen und dann selbst schnell zu verdampfen anfing, worauf ch die Metallfläche angegriffen zeigte. Wichtig ist noch ein on ihm zur Controle der durch PERKINS aufgestellten Be- uptung gemachter Versuch. Hierzu diente ein am obern Ende rschlossener, blofs durch das Zündloch mit der äufsern Luft mmunicirender Flintenlauf, welcher an seinem schräg nach en gerichteten Ende glühte. In das untere Ende war durch nen Kork eine vertical nach oben gebogene Glasröhre einge- eckt, durch welche Wasser hineingebracht wurde, dessen Däm- e ohne merklichen Druck aus dem glühenden Zündloche ent- ichen, wodurch also die von PERKINS behauptete Repulsion derlegt wird. Als das Rohr umgekehrt wurde und das sie- nde Wasser in das glühende Ende herabfloſs, drang der Dampf t Gewalt aus der obern Oeffnung, aus dem unten befindli- en Zündloche aber nur wenig, worin eine Bestätigung der n PERKINS aufgestellten Behauptung liegen soll; allein da- ch durfte gar kein Dampf aus dem Zündloche strömen, da ch obendrein das Zündloch weit enger war, als wohin sich Repulsion erstrecken soll; aufserdem aber siedete das Was- r, was beim Leidenfrost'schen Versuche nicht statt finden rf, die Erscheinung war also eine ganz andere, als die in de stehende, und es verstand sich wohl von selbst, dafs von m siedenden Wasser, auf welches der obere nicht glühende heil des Flintenlaufes stärker, als der untere wirkte, mit öfserer Gewalt aus der oberen Oeffnung dringen mufste, als s dem Zündloche, in welchem das durch den Druck hinein- triebene Wasser zur Verdampfung kam. Uebrigens kommt e durch BUFF gegebene Erklärung der Phänomene der oben itgetheilten im Ganzen nahe. Die Wärme soll um so mehr das Wasser übergehn, je vollständiger dieses die Körper be- etzt; da aber die Benetzung der Metalle durch das Glühen, elches den Zusammenhang gleichartiger und ungleichartiger örper vermindert, aufgehoben wird, so kann die Wärme cht mehr mit derselben Schnelligkeit in das Wasser eindrin-

Digitized by Google

gen, als sie sich in der Masse des Silbers (der Metalle) fortpflanzt[1].

533) Die nachfolgende Tabelle[2] enthält die Siedepuncte der bekanntesten Flüssigkeiten annähernd bei einem Barometerstande von 0,76 Meter. Verschiedene Flüssigkeiten konnten darin nicht aufgenommen werden, weil sie gar nicht eigentlich sieden, sondern vor dem Eintritt des Siedens sich verdicken und in ihren Bestandtheilen zum Theil entweichen, zum Theil als Kohle zurückbleiben. Dahin gehören die Oele, die thierischen Fette, Wachs, Harz u. s. w., und die Angabe für Leinöl mag daher nur als annähernde Bestimmung gelten. Für andere Flüssigkeiten sind keine ganz scharfe Bestimmungen möglich, weil sie sich mit der Zeit von selbst und auch während des Erhitzens verdicken, in Folge dessen ihr Siedepunct höher hinaufrückt, wie dieses z. B. bei den flüchtigen Oelen, also auch dem Steinöl der Fall ist, dessen angegebener Siedepunct für den Zustand unmittelbar vorausgegangener Rectification gilt. Einige Flüssigkeiten bestehn aus Wasser mit gebundenen gasförmigen Körpern, z. B. Salzsäure und liquides Ammoniak, aus denen dann in Folge der Hitze das Gas entweicht, indem ein scheinbares Sieden erfolgt, welches aber nicht vom aufsteigenden Dampfe, sondern gröfstentheils von freigewordenem Gase herrührt, bis zuletzt, namentlich beim Ammoniak, reines Wasser zurückbleibt, zu dessen Siedepunct der der Mischung allmälig hinaufrückt. Alle Salzsolutionen sieden bei höheren Temperaturen, als das reine Wasser, doch ist der Unterschied bei geringhaltigen anfangs unmerklich, steigt aber zunehmend bis zum gänzlichen Austrocknen, und ebenso beginnt das Sieden der Mischungen von Weingeist mit Wasser

---

1 Mit dem Verhalten des Wassers im Leidenfrost'schen Versuche hängt ohne Zweifel, wie Fechner (Repertorium Th. I. S. 153) sehr richtig bemerkt, eine durch Johnson gemachte, aber unrichtig gedeutete Erfahrung zusammen, wonach am Tage kaum sichtbar rothglühendes Eisen in gleicher Zeit mehr Wasserdampf lieferte, als weifsglühendes, s. Silliman Amer. Journ. of Sc. T. XIX. p. 292. Eine gleichzeitig von ihm gemachte Bemerkung, dafs Gufseisen mehr Dampf erzeugt, als Schmiedeeisen, bestätigt die Resultate der Versuche, wonach ersteres eine gröfsere Wärmecapacität hat, als letzteres. S. §. 449.

2 Vergl. Poggendorff in dessen Annalen XVII. 550, vermehrt und verbessert XLIX. 424.

d by Google

nach dem quantitativen Verhältnifs der Bestandtheile, beim edepuncte des absoluten Alkohols und endigt bei dem des inen Wassers. Endlich bestehn eine Menge Flüssigkeiten, s Milch, Blut u. s. w., aus Wasser und sonstigen sehr ver-hiedenartigen theils beigemengten, theils aufgelösten Substan-n; ihr Siedepunct liegt daher gleichfalls über dem des reinen 'assers, rückt aber in Folge zunehmender Verdickung stets her hinauf und läfst sich daher nicht genau angeben.

Flüssigkeiten	Siede-punct	Beobachter.
etylchlorid	—17°,0 C.	Regnault
etylhyperchlorid . . .	115,0 75,0	Regnault
ther	35,7	Gay-Lussac
thylchlorid	11,0	Thénard
thylchloridid	64,0	Regnault
thylcyanid	82,0	Regnault
thyliodid	64,5	Gay-Lussac
thyloxyd	73,0	Regnault
lehyd	21,8	Liebig
tarsin	150,0	Bunsen
kohol	78,4	Gay-Lussac
neisenäther	53,4	Liebig
neisensäurehydrat . .	100,0	Bineau
nilen	160,0	Cahours
nyloxydhydrat . . .	132,0	Dumas
nyliodid	120,0	Cahours
nenchlorür	132,0	Dumas
nzin	86,0	Mitscherlich
nzoëäther	209,0	Dumas
nzoësäure	245,0	Mitscherlich
nsteinäther	214,0	D'Arcet
arburet	85,5	Faraday
nsäure	26,5	Gay-Lussac
nzschleimäther . .	209,0	Malaguti
om	47,0	Mitscherlich Balard
om-Phosphor-Wasserstoff	30,0?	Bineau
outchin	171,5	Himly
ten	275,0	Dumas und Peligot
loräther . . . . fast	100,0	Gay-Lussac
loräthereal	180,0	D'Arcet
loral	94,0	Dumas

Digitized by Google

Flüssigkeiten	Siede-punct	Beobachter
Chlorbenzid	210°,0 C.	Mitscherlich
Chlorkohlenstoff . . .	60,8	Liebig
Chlorkohlensäure-Aether	94,0	Dumas
Chlorphosphor im Minimum	78,0	Dumas
Chlorschwefelsäure . .	77,0	Regnault
Chlorkiesel . . . fast	100,0	Dumas
Chlortitan	135,0	Dumas
Chlorwasserstoffhydrat .	110,0	Bineau
Chlorwasserstoffäther . .	11,0	Thénard
Chlorzinn	120,0	Dumas
Chromoxydchlorid . .	118,0	Walter
Citren (Citronyl) . . .	165,0	Cahours
Cyanwasserstoff . . .	26,5	Gay-Lussac
Dümasin	120,0	Kane
Elaën	110,0	Fremy
Elaldehyd	94,0	Fehling
Elaylbromid	129,5	Regnault
Elaylchlorid	82,5 64,0	Regnault
Essigätler	74,0	Thénard Dumas
Essiggeist	55,6	Dumas
Essigsäure-Hydrat . .	120,0	Dumas
Essig, gemeiner . . über	100,0	Mollerat
Formomethylal	42,0	Dumas
Formylchlorid	37,5	Regnault
Formylhyperchlorür . .	135,0 102,0	Regnault
Formylhyperchlorid . .	60,8	Dumas
Holzgeist	66,5	Dumas
Hydriodsäure, wässerige	128,0	Dumas
Iod	177,0 175,0	Gay-Lussac Dumas
Iod-Wasserstoffäther .	64,5	Gay-Lussac
Kampher	104,0	Gay-Lussac Dumas
Kieselchlorid . . unter	100,0	Dumas
Kohlenchlorid	120,0	Regnault
Kohlenhyperchlorür . .	182,0	Regnault
Kohlenhyperchlorid . .	78,0	Regnault
Kohlensäureäther . . .	125,0	Ettling
Kohlensülphid	46,6	Gay-Lussac
Doppelt-Kohlenwasserstoff	— 18,0	Faraday
Vierfach-Kohlenwasserstoff	85,5	Faraday

Digitized by Google

Flüssigkeiten	Siede-punct	Beobachter
inöl	316°,0 C.	Murray
nthen	163,0	Walter
ercaptan	61,0	Liebig
	63,0	Regnault
esiten	63,0	Weidmann u. Schweizer
esityloxyd	120,0	Kane
esityloxydhydrat . .	56,6	Dumas
esitylen	135,5	Cahours
ethylal	42,0	Malaguti
ethylenchlorid . . .	30,5	Regnault
ethyliodid	45,0	Dumas
ethyl, benzoësaures .	198,5	Dumas
essigsaures . .	58,0	Dumas
salpetersaures .	66,0	Dumas
schwefelsaures .	188,0	Dumas
ethyloxydid	100,0	Regnault
	110,0	
thylsülfid	41,0	Regnault
phtha	85,5	Saussure
phthalin	212,0	Dumas
lkensäure	153,0	Dumas
otin	240,0	Reimann
robenzid	213,0	Mitscherlich
ën	55,0	Fremy
nanthäther	227,0	Liebig u. Pelouze
aläther	184,0	Dumas
anaphthalin . . .	300,0	Dumas
rolen	280,0	Boussingault
roleum, rect. . . .	85,0	
ffermünzstearopten .	213,5	Walter
osphor	250,0	Heinrich
	288,0	Dalton
	290,0	Pelletier
	290,0	Mitscherlich
osphorchlorür . . .	78,0	Dumas
adricarbüret	— 18,0	Faraday
ecksilber	340,0	Daniell
	355,0	Irvine
	349,0	Dalton
	346,6	Crichton [1]
	356,0	Heinrich [2]

1 Philos. Trans. 1818. p. 376.
2 Schweigger's Journ. I. 214.

Digitized by Google

Flüssigkeiten	Siede-punct	Beobachter
Quecksilber	350°,0C.	Dulong u. Petit[1]
	356,0	
	360,0	Dumas, Mitscherlich
Retinnaphtha	108,0	Walter
Retinöl	238,0	Walter
Retinyl	150,0	Walter
Salicylhydrür	196,5	Piria
Salpeteräther	21,0	Thénard, Dumas
Salpetersäure, salpetrige	28,0	Dulong, Mitscherlich
Salpetersäure (spec. Gew. 1,42) . . .	121,0	Dalton
Salznaphtha	16,0	Thénard
	12,5	Gehlen
Schwefel	293,0	H. Davy
	316,0	Mitscherlich
Schwefeläther	35,6	Gay-Lussac
	35,0	Muncke
Schwefelblausäure . . .	102,5	Vogel
Schwefelchlorid, schwefels.	145,0	Heinr. Rose
Schwefelchlorür . . .	138,0	Dumas
Schwefelkohlenstoff . .	43,0	Berzelius
	46,6	Gay-Lussac
	46,8	Marx
Schwefelsäure	310,0	Dalton
gemeine . .	288,0	Davy
Nordhäuser.	45,0	Bussy
Schweflige Säure (spec. Gew. 1,45) .	— 10,0	Bussy[2]
Suberon	186,0	Boussingault
Terpentin	293,0	Murray
Terpentinspiritus . . .	156,0	Dumas
frisch destillirt	152,0	Ure
älter . . .	158,0	
Titanchlorür	135,0	Dumas
Urethan	180,0	Dumas
Valerianäther	133,5	Otto
Valeriansäure	132,0	Otto

1 Von diesen genauen Bestimmungen gilt die erste für das Luftthermometer, die zweite für das uncorrigirte Quecksilberthermometer. S. Ann. de Chim. et Phys. T. VII. p. 120.

2 Schweigger's Journ. XXXII. 452.

Digitized by Google

Flüssigkeiten	Siede-punct	Beobachter
Wasser	100°,0 C.	
Weinöl ($C_4 H_8$) . . unter	100,0	Masson
Weinöl ($C_{10} H_{16}$) . .	285,0	Regnault
Xylit	61,5	Weidmann u. Schweizer
Xylitnaphtha	110,0	Weidmann u. Schweizer
Zinnchlorid	120,0	Dumas

c) Dampf, dessen Elasticität und Dichtigkeit.

534) Aufser der Verdunstung und dem Sieden kommt in Beziehung auf Dampfbildung noch das Verhalten des Erzeugnisses selbst, des *Dampfes*, oder der Verbindung der Wärme mit den verschiedenen Flüssigkeiten sowohl als auch festen Körpern in Betrachtung. Hierüber ist indefs bereits in einem früheren Artikel ausführlich gehandelt worden[1], und es versteht sich hier von selbst, dafs hier nur dasjenige nachträglich hinzugefügt werden kann, was seitdem neu hinzugekommen ist, wo es als angemessen erscheint, die dort befolgte Ordnung hier beizubehalten. Der erste Theil jener Untersuchungen über die latente Wärme der Dämpfe ist seitdem durch keine neuen Thatsachen erweitert worden. Ganz anders verhält es sich dagegen mit dem, was bis dahin zur genauen Ermittelung der Elasticität des Wasserdampfes geschah, welche bestimmt zu kennen wegen der zahlreich davon gemachten technischen Anwendungen von der ersten Wichtigkeit ist. Als literarische Notiz darf diejenige hier wichtig gelten, welche Kämtz[2] aufgefunden hat. Hiernach hatte schon Alex. Volta[3] das von Dalton aufgefundene Gesetz[4] (§. 523 u. 532), welches mindestens für einige Dämpfe annähernd richtige Resultate giebt; nicht übereinstimmend mit den bisherigen Messungen ist dagegen der gleichfalls von ihm aufgestellte Satz, dafs die Elasticität des Wasserdampfes sich für 20° C. verdoppelt werde. Kämtz[5] hat seine bereits er-

1 S. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 279 ff.
2 Schweigger's Journ. LII. 98.
3 Collez. dell' Opere del Cavaliere Conte Alessa. Volta. Firenze 6. 8. T. III. p. 381. Brugnatelli Giorn. T. II. p. 84.
4 S. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 354.
5 Untersuchungen über die Expansivkraft d. Dämpfe. Halle 1826. Vergl. Art. *Dampf.* S. 345.

Digitized by Google

wähnten Untersuchungen über die Spannkraft der Dämpfe in einer eigenen Schrift erweitert dem Publicum vorgelegt, es wird aber genügen, dieses hier blofs zu erwähnen, da die Aufgabe seitdem durch eine höchst schätzbare neue Versuchsreihe eine bedeutend veränderte Gestalt angenommen und eine wichtige Erweiterung erhalten hat.

Die hier in Rede stehenden Versuche sind diejenigen, welche von den Mitgliedern des Pariser Instituts mit einem sehr bedeutenden Aufwande von Mühe und Kosten höchst sinnreich entworfen und mit beharrlichem Eifer vollendet wurden, wie dieses unverkennbar aus dem durch DE PRONY, ARAGO, GIRARD und DULONG erstatteten, von Letzterem abgefafsten Berichte hervorgeht[1]. Als Veranlassung hierzu diente eine Aufforderung des Gouvernements, diejenigen Mittel anzugeben, wodurch den aus dem Zerspringen der Dampfkessel entstehenden Unglücksfällen vorgebeugt werde, und da die Wiener Versuche von ARZBERGER damals in Paris noch nicht bekannt waren, so mufste nothwendig die Spannkraft der Dämpfe bei höheren Temperaturen zuvor erst ausgemittelt werden. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dafs alle Messungen durch aufgestofsene Ventile bei weitem keine solche Genauigkeit gewähren, als die unmittelbare Beobachtung der durch den Wasserdampf emporgetriebenen Quecksilbersäule, allein zugleich sind auch die grofsen Schwierigkeiten nicht zu verkennen, die der Aufrichtung und Zusammensetzung einer ungefähr 70 Fufs langen Glasröhre entgegenstehn; es wird aber genügen, von den mit allen Vorsichtsmafsregeln construirten, höchst zweckmäfsig eingerichteten, aber auch sehr complicirten Apparate nur eine kurze Beschreibung der wesentlicheren Theile hier aufzunehmen. Als zweckmäfsiges Local diente ein viereckiger alter Thurm im *Collège royal de Henri IV.*, durch dessen früher durchbrochene Gewölbe ein Balken mit ebener Vorderfläche aufgerichtet wurde, an welchem sich die aus einzelnen Stücken zusammengesetzte, durch Schrauben und Kitt gegen das Andringen des Quecksilbers gesicherte Glasröhre befestigen liefs

---

1 Mém. de l'Acad. des Sciences T. X. p. 198. T. XI. p. 393. Ann. de Chim. et Phys. T. XXVII. p. 101. T. XLIII. p. 74. Poggendorff's Ann. XVIII. 437. Schweigger's Journ. LIX. 167. Vergl. Fechner's Repert. Th. I. S. 173.

Digitized by Google

den starken Druck dieser ganzen Säule zu vermeiden, war
s Röhrenstück durch ein angemessenes Gegengewicht ba-
irt, so dafs das Ganze sich leicht heben und zusammen-
en liefs. Zum Messen der Spannkraft des Dampfes diente
leich ein Manometer, aus einer dicken Glasröhre bestehend.
aber die Gültigkeit dieses Boyle'schen oder Mariotte'schen
etzes auch bei stärkeren Pressungen zuvor durch abermalige
sungen zu prüfen, da ihnen die früher hierüber angestellten
suche[1] nicht genügten, so verbanden die Akademiker die
ıometerröhre und die zusammengesetzte hohe Glasröhre beide
:h ein eisernes Gefäfs voll Quecksilber, prefsten über letzteres
sser mittelst einer Compressionspumpe, machten dadurch das
all in beiden Röhren aufsteigen und bestimmten aus dem
erschiede des Niveaus in beiden die Zusammendrückung der
knen Luft in der Manometerröhre, wobei sie nicht blofs das
ber der letzteren corrigirten, sondern auch ihre Temperatur
:h einen an ihr herabfliefsenden Strom Wassers unverändert
elten. Durch drei Versuchsreihen fanden sie das *Boyle'sche*
etz von 1 bis 27 Atmosphären Druck vollkommen bestätigt,
für höhere Pressungen, als welche bis jetzt angewandt
den. Eine Angabe der Mittel zur Vermeidung parallaktischer
sonstiger Fehler kann hier füglich übergangen werden, da
hierzu erforderlichen Apparate und zweckmäfsigen Methoden
änglich bekannt sind.

Nachdem auf diese Weise das *Manometer* als ein genügend
ues Mefswerkzeug erkannt worden war, liefsen die Experimen-
:en dasselbe sammt dem Quecksilbergefäfse in den Hof des Fig.
äudes bringen, weil eine Explosion den Einsturz des Thurms 78.
nlassen konnte, und setzten das Quecksilbergefäfs mit einem
ıpfkessel in Verbindung, worin Wasserdampf erzeugt wurde,
:her eine seiner Temperatur angemessene Pressung gegen das
cksilber ausübte. Die einzelnen Theile des Dampfkessels
en durch zwischengelegte Bleiplatten dampfdicht verschlos-
, woraus hervorgeht, dafs dieses Metall, sofern es durch
Anziehn der Schrauben in die feinen Zwischenräume dringt,

1 Es werden hier nur Boyle, Mariotte, Musschenbroek nach Es-
de Phys. Leyde 1751. T. II. p. 655, Sulzer, Robison in Ency-
. Brit. Art. *Pneumatics*. T. XVI. p. 700 und Oersted nebst Suen-
genannt. Vollständiger findet man die Literatur oben Art. *Gas*.
IV. S. 1085.

Digitized by Google

für ähnliche Zwecke mit genügendem Erfolge angewandt werden kann. Es schien ihnen nöthig, den Kessel vorher zu probiren, und sie wollten hierzu eine solche Wasserpumpe anwenden, wie man sie bei den hydraulischen Pressen gebraucht, hätten aber dann dem Reglement gemäfs einen Druck von 150 Atmosphären anwenden müssen; allein ehe sie diesen erreichten, liefsen einige Sprünge im Metall und mehreren Vereinigungen ebenso viel Wasser durch, als die Pumpe zuführte, weswegen sie diesen Punct nicht erreichen konnten. Bei diesen Probeversuchen überzeugten sie sich von der Ungenauigkeit der konischen Ventile zur Berechnung des Druckes, indem diese wegen der ungleichen Adhäsion der Kegel bei unverändertem Drucke sehr ungleiche Resultate geben. Sie räumen daher den ebenen Ventilen einen entschiedenen Vorzug ein, obgleich sie grofse Sorgfalt erfordern, wenn sie genau schliefsen sollen. Einen solchen Apparat bei dem Kessel anzubringen hätte lange Zeit erfordert und dennoch blieb es ungewifs, bis wie weit die erhöhete Temperatur die Cohäsion des Metalls schwächen würde. Deswegen machten sie einen Probeversuch, wobei das Thermometer, durch ein Fernrohr beobachtet, bis 240° C. stieg, eine Temperatur, die einer Spannung von 60 Atmosphären nahe kommt, so dafs diese Probe für den beabsichtigten Zweck genügte. Der auf diese Weise geprüfte Dampfkessel wurde in einen Ofen eingemauert, dessen dicke Wandungen einen schnellen Wechsel der Wärme hinderten. Durch den Deckel des Kessels ging ein aus Flintenläufen zusammengesetztes Rohr dd′ zuerst lothrecht in die Höhe, dann in geringer Neigung d′d″ herabwärts, und senkte sich mit dem andern Ende in das Quecksilbergefäfs f. Dieses Rohr mufste sich bei dem Versuche mit niedergeschlagenem Wasser füllen, und um den Druck desselben, welcher zu dem des Dampfes hinzukam, zu berechnen, wurde das Rohr vor dem Versuche mit Wasser gefüllt und durch einen auf die Leinwand bei V tröpfelnden Wasserstrahl stets abgekühlt. Durch niedergeschlagene Dämpfe konnte daher das in dem eisernen Gefäfse sich beim Sinken des Quecksilbers anhäufende Wasser stets wieder ersetzt werden, und zur Messung des sinkenden Queksilberniveaus diente die stets mit dem Gefäfse correspondirende Quecksilbersäule pk in der gläsernen, eben durch das Bleirohr ox verbundenen Röhre.

Digitized by Google

Zu den schwierigsten Aufgaben gehörte die Messung der mperatur, weil der mechanische Druck auf das Thermometer mieden werden mufste. Deswegen waren in den Kessel ch den Deckel zwei unten verschlossene und so weit ver- nte Flintenläufe eingesenkt, dafs sie gerade dem äufseren acke widerstanden. Der eine derselben reichte fast bis auf Boden hinab, der zweite nicht bis zu einem Viertel der fe; in beide wurde Quecksilber gegossen, und in dieses ren die Thermometer hinabgelassen, deren eins die Wärme Wassers, das andere die des Dampfes anzeigte; beide wankten augenblicklich, wenn die Elasticität des Wassers chs oder abnahm. Um aber die Correction wegen der un- ichen Temperatur des Quecksilberfadens in der Röhre zu den, war diese beim Austritt aus dem Kessel rechtwinklig Fig. gebogen, und das Ende derselben befand sich in einer Glas- 79. re, durch welche aus einem Gefäfse stets Wasser flofs, des- wenig veränderliche Temperatur von einem andern kleinen ermometer angezeigt wurde. Aus dem Stande des grofsen, gebogenen Thermometers und dem des kleinen, welches die ibende Wärme der Röhre des ersteren angab, liefs sich die orderliche Correction leicht finden[1]. Bei der Einrichtung des ntils b b′ war hauptsächlich die Sicherheit berücksichtigt. Die gehängten Gewichte bestanden aus mehreren Stücken und nnten daher dem jedesmal erforderlichen Drucke angepafst rden. War dieser erreicht und wurde dann das Ventil ge- ben, so glitt das eine Gewicht gegen die Mitte, das andere das Ende seines Hebelarmes, und das Ventil schlofs sich ht wieder.

Beim Anfange jedes Versuches wurde eine der zu errei- enden Temperatur nach Schätzung angemessene Menge Brenn- terial in den Ofen gebracht; das Ventil und die Röhre d d′ ihrem oberen Ende blieben offen, bis durch etwa 20 Mi- ten langes Sieden des das untere Ende des kürzeren Ther- meterbehälters nicht ganz erreichenden Wassers alle Luft aus m Kessel getrieben war. Nachdem dann das Ventil und das de d′ der Röhre geschlossen, die Wasserströmungen bei V und n das Manometer geöffnet worden waren, liefs man die Hitze so

1 Die Zeichnung stellt blofs bei dem längeren Thermometer diese rrichtung dar, bei dem kürzeren war sie die nämliche.

Digitized by Google

Note.—Rates. In the Returns, in all cases where the rate is given, the minimum for "Ordinary" time is taken. Where the rate is given for "Overtime" or "Night" work, the minimum rate for "Ordinary" time is also given. Where the rate is given for "Piecework," the average rate per week is given. Where the rate is given for "Time and Piecework," the minimum rate for "Ordinary" time is given. Where the rate is given for "Overtime" or "Night" work, the minimum rate for "Ordinary" time is also given. Where the rate is given for "Time and Piecework," the minimum rate for "Ordinary" time is given. Where the rate is given for "Overtime" or "Night" work, the minimum rate for "Ordinary" time is also given.

Year	Time Rates		Piecework Rates		Time and Piecework Rates	
	Ordinary	Overtime or Night	Ordinary	Overtime or Night	Ordinary	Overtime or Night
1900	100	100	100	100	100	100
1901	100	100	100	100	100	100
1902	100	100	100	100	100	100
1903	100	100	100	100	100	100
1904	100	100	100	100	100	100
1905	100	100	100	100	100	100
1906	100	100	100	100	100	100
1907	100	100	100	100	100	100
1908	100	100	100	100	100	100
1909	100	100	100	100	100	100
1910	100	100	100	100	100	100
1911	100	100	100	100	100	100
1912	100	100	100	100	100	100
1913	100	100	100	100	100	100
1914	100	100	100	100	100	100
1915	100	100	100	100	100	100
1916	100	100	100	100	100	100
1917	100	100	100	100	100	100
1918	100	100	100	100	100	100
1919	100	100	100	100	100	100
1920	100	100	100	100	100	100
1921	100	100	100	100	100	100
1922	100	100	100	100	100	100
1923	100	100	100	100	100	100
1924	100	100	100	100	100	100
1925	100	100	100	100	100	100
1926	100	100	100	100	100	100
1927	100	100	100	100	100	100
1928	100	100	100	100	100	100
1929	100	100	100	100	100	100
1930	100	100	100	100	100	100
1931	100	100	100	100	100	100
1932	100	100	100	100	100	100
1933	100	100	100	100	100	100
1934	100	100	100	100	100	100
1935	100	100	100	100	100	100
1936	100	100	100	100	100	100
1937	100	100	100	100	100	100
1938	100	100	100	100	100	100
1939	100	100	100	100	100	100
1940	100	100	100	100	100	100
1941	100	100	100	100	100	100
1942	100	100	100	100	100	100
1943	100	100	100	100	100	100
1944	100	100	100	100	100	100
1945	100	100	100	100	100	100
1946	100	100	100	100	100	100
1947	100	100	100	100	100	100
1948	100	100	100	100	100	100
1949	100	100	100	100	100	100
1950	100	100	100	100	100	100
1951	100	100	100	100	100	100
1952	100	100	100	100	100	100
1953	100	100	100	100	100	100
1954	100	100	100	100	100	100
1955	100	100	100	100	100	100
1956	100	100	100	100	100	100
1957	100	100	100	100	100	100
1958	100	100	100	100	100	100
1959	100	100	100	100	100	100
1960	100	100	100	100	100	100
1961	100	100	100	100	100	100
1962	100	100	100	100	100	100
1963	100	100	100	100	100	100
1964	100	100	100	100	100	100
1965	100	100	100	100	100	100
1966	100	100	100	100	100	100
1967	100	100	100	100	100	100
1968	100	100	100	100	100	100
1969	100	100	100	100	100	100
1970	100	100	100	100	100	100
1971	100	100	100	100	100	100
1972	100	100	100	100	100	100
1973	100	100	100	100	100	100
1974	100	100	100	100	100	100
1975	100	100	100	100	100	100
1976	100	100	100	100	100	100
1977	100	100	100	100	100	100
1978	100	100	100	100	100	100
1979	100	100	100	100	100	100
1980	100	100	100	100	100	100
1981	100	100	100	100	100	100
1982	100	100	100	100	100	100
1983	100	100	100	100	100	100
1984	100	100	100	100	100	100
1985	100	100	100	100	100	100
1986	100	100	100	100	100	100
1987	100	100	100	100	100	100
1988	100	100	100	100	100	100
1989	100	100	100	100	100	100
1990	100	100	100	100	100	100
1991	100	100	100	100	100	100
1992	100	100	100	100	100	100
1993	100	100	100	100	100	100
1994	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100
1996	100	100	100	100	100	100
1997	100	100	100	100	100	100
1998	100	100	100	100	100	100
1999	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100
2001	100	100	100	100	100	100
2002	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100
2004	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100
2006	100	100	100	100	100	100
2007	100	100	100	100	100	100
2008	100	100	100	100	100	100
2009	100	100	100	100	100	100
2010	100	100	100	100	100	100
2011	100	100	100	100	100	100
2012	100	100	100	100	100	100
2013	100	100	100	100	100	100
2014	100	100	100	100	100	100
2015	100	100	100	100	100	100
2016	100	100	100	100	100	100
2017	100	100	100	100	100	100
2018	100	100	100	100	100	100
2019	100	100	100	100	100	100
2020	100	100	100	100	100	100
2021	100	100	100	100	100	100
2022	100	100	100	100	100	100
2023	100	100	100	100	100	100
2024	100	100	100	100	100	100
2025	100	100	100	100	100	100
2026	100	100	100	100	100	100
2027	100	100	100	100	100	100
2028	100	100	100	100	100	100
2029	100	100	100	100	100	100
2030	100	100	100	100	100	100
2031	100	100	100	100	100	100
2032	100	100	100	100	100	100
2033	100	100	100	100	100	100
2034	100	100	100	100	100	100
2035	100	100	100	100	100	100
2036	100	100	100	100	100	100
2037	100	100	100	100	100	100
2038	100	100	100	100	100	100
2039	100	100	100	100	100	100
2040	100	100	100	100	100	100
2041	100	100	100	100	100	100
2042	100	100	100	100	100	100
2043	100	100	100	100	100	100
2044	100	100	100	100	100	100
2045	100	100	100	100	100	100
2046	100	100	100	100	100	100
2047	100	100	100	100	100	100
2048	100	100	100	100	100	100
2049	100	100	100	100	100	100
2050	100	100	100	100	100	100
2051	100	100	100	100	100	100
2052	100	100	100	100	100	100
2053	100	100	100	100	100	100
2054	100	100	100	100	100	100
2055	100	100	100	100	100	100
2056	100	100	100	100	100	100
2057	100	100	100	100	100	100
2058	100	100	100	100	100	100
2059	100	100	100	100	100	100
2060	100	100	100	100	100	100
2061	100	100	100	100	100	100
2062	100	100	100	100	100	100
2063	100	100	100	100	100	100
2064	100	100	100	100	100	100
2065	100	100	100	100	100	100
2066	100	100	100	100	100	100
2067	100	100	100	100	100	100
2068	100	100	100	100	100	100
2069	100	100	100	100	100	100
2070	100	100	100	100	100	100
2071	100	100	100	100	100	100
2072	100	100	100	100	100	100
2073	100	100	100	100	100	100
2074	100	100	100	100	100	100
2075	100	100	100	100	100	100
2076	100	100	100	100	100	100
2077	100	100	100	100	100	100
2078	100	100	100	100	100	100
2079	100	100	100	100	100	100
2080	100	100	100	100	100	100
2081	100	100	100	100	100	100
2082	100	100	100	100	100	100
2083	100	100	100	100	100	100
2084	100	100	100	100	100	100
2085	100	100	100	100	100	100
2086	100	100	100	100	100	100
2087	100	100	100	100	100	100
2088	100	100	100	100	100	100
2089	100	100	100	100	100	100
2090	100	100	100	100	100	100
2091	100	100	100	100	100	100
2092	100	100	100	100	100	100
2093	100	100	100	100	100	100
2094	100	100	100	100	100	100
2095	100	100	100	100	100	100
2096	100	100	100	100	100	100
2097	100	100	100	100	100	100
2098	100	100	100	100	100	100
2099	100	100	100	100	100	100
2100	100	100	100	100	100	100

Note.—The Returns are based on the rates of wages paid to workmen employed in the principal industries in the United Kingdom. The rates of wages paid to workmen employed in the principal industries in the United Kingdom are based on the rates of wages paid to workmen employed in the principal industries in the United Kingdom.

Zeit der Beob.	Thermometer		Elasticität	
	kleines	grofses	Quecksilber bei 0° in Met.	Atmosphären von 0,76 Met.
28. Oct.	198°,55	198°,50	11,0190	14,530
25. —	202,00	201,75	11,8620	15,650
24. —	203,40	204,17	12,2903	16,210
25. —	206,17	206,10	12,9872	17,130
2. Nov.	206,40	206,80	13,0610	17,230
24. Oct.	207,09	207,40	13,1276	17,300
28. —	208,45	208,90	13,6843	18,050
25. —	209,10	209,13	13,7690	18,160
25. —	210,47	210,50	14,0634	18,550
28. —	215,07	215,30	15,4995	20,440
28. —	217,23	217,50	16,1528	21,310
28. —	218,30	218,40	16,3813	21,600
30. —	220,40	220,80	17,1826	22,660
30. —	223,88	224,15	18,1894	23,994

Die Abweichung der beiden Thermometer beträgt im Ma-
num 0°,7 und wird geringer, je höher die Temperatur steigt,
il der dann gebildete dichtere Dampf leichter Wärme an die
rzere eiserne Röhre, worin sich das kürzere Thermometer
and, abgab, und dieses weniger durch die Ausstrahlung des
ckels verlor. Nach Erwägung aller Umstände erscheinen die
gaben des längeren Thermometers als die zuverlässigsten.
e erhaltenen Werthe, als Ordinaten genommen, bildeten eine
elmäfsige Curve, in welche alle Endpuncte genau fielen,
nach also die Beobachtungen für zuverlässig gelten können.
brigens stimmten sie blofs mit den durch SOUTHERN und
YLOR bis zu einem Drucke von 8 Atmosphären gefundenen
erein, ARZBERGER aber legte einer Temperatur von 222° C.
en Druck von 20 Atmosphären bei, die einem solchen von
Atmosphären zugehört, und überhaupt scheint derselbe we-
n der Einrichtung des zum Messen dienenden Ventils die
mperaturen stets zu hoch gefunden zu haben, weil das Ther-
meter dem unmittelbaren Drucke des heifsen Wassers aus-
etzt war[1].

535) Der wesentlichste Theil der Aufgabe ist, die Rela-
n zwischen den Temperaturen und den zugehörigen Elasti-

1 Vergl. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 835 u. 839.

Digitized by Google

citäten des Dampfes durch eine Gleichung auszudrücken. Die früheren Versuche zur Lösung dieses Problems sind im Art. *Dampf* angegeben[1], und von denjenigen Formeln, welche dort mitgetheilt wurden, werden einige auch hier, aber als unzulässig, genannt. Diese sind die von Prony, wonach für die Spannkraft = z und die Temperatur = x in Centesimalgraden

$$z = \mu_{,} \varrho_{,}^{x} + \mu_{,,} \varrho_{,,}^{x} + \mu_{,,,} \varrho_{,,,}^{x} \ldots\ldots$$

seyn soll. Die Länge des Calcüls zur Bestimmung der Constanten und auch nach der Auffindung derselben macht diese verwerflich. Ebenso wenig scheint den Berichterstattern die von Laplace vorgeschlagene, auch wie sie durch Biot abgeändert worden ist, zweckmäfsig, und noch weniger die von Ure, die nicht einmal als ein allgemeiner Ausdruck gelten kann, sondern nur einige Verhältnisse zwischen den Temperaturen und den Spannkräften angiebt.

Von den späteren Versuchen, eine allgemeine Gleichung für die den Temperaturen zugehörigen Spannkräfte des Wasserdampfes aufzufinden, mögen hier zuerst diejenigen folgen, welche die gelehrten Berichterstatter in ihrer schätzbaren Abhandlung gleichfalls anführen. Es wird dieses dazu dienen, den Weg näher zu bezeichnen, auf welchem diese zu ihren endlichen Resultaten gelangten; eine nähere Prüfung auch dieser Leistungen wird demnächst folgen. Zuerst finden sie die von Laplace gewählte Methode, die Elasticität der Dämpfe durch eine Reihe mit zunehmenden Exponenten der Temperaturen auszudrücken, nicht zweckmäfsig und daher auch die durch Ivory[2] hiernach aufgestellte Formel verwerflich. Den Argumentationen von Roche[3] stimmen sie zwar nicht bei, jedoch drückt die von ihm aufgestellte Formel die von ihnen beobachteten Gröfsen sehr genau aus. Für Temperaturgrade x

---

1 Eine ausführliche gelehrte Untersuchung von Dirksen über die Elasticität des Dampfes, worin aber zunächst nur das Wesen der Dampf- und Gasform als die Wirkung anziehender und abstofsender Kräfte, nach der bekannten Ansicht von Laplace, in Betrachtung kommt, glaube ich hier, wenn auch nur kurz, erwähnen zu müssen. S. Berliner Denkschr. 1830. Math. Th. S. 1.

2 Philos. Mag. and Ann. T. I. p. 1.

3 Ann. de Chim. et Phys. 1830. Janv. Bullet. des Scienc. math. T. XIII. p. 193.

Digitized by Google

Centesimalgraden, über 100° positiv, unter 100° negativ, ist Elasticität im Millimetern:

$$f = 760 \times 10^{\frac{m\,x}{1 + 0{,}03\,x}},$$

wenn hierin aus ihren Beobachtungen der mittlere Werth $m = 0{,}1644$ gesetzt, die Formel aber für t invertirt wird, ist

$$t = \frac{11\,(\text{Log. f} - \text{Log. } 760)}{0{,}1644 - 0{,}03\,(\text{Log. f} - \text{Log. } 760)}.$$

von August[1] aufgefundene Formel verwerfen sie deswe-, weil nach ihr eine Spannung von 24 Atmosphären einer nperatur von 214°,37 C. des Lufthermometers zugehören rde, statt dafs ihre Beobachtungen 220°,33 (224°,2 des ecksilberthermometers) gaben. Nach Tregaskis[2] sollen die sticitäten in einer geometrischen Reihe vom Verhältnifs = 2 chsen, wenn die Temperaturen gleichfalls in einer geome-chen Reihe vom Verhältnifs = 1,2 zunehmen, allein dieses mt mit ihren Messungen nicht überein. Eine wichtige, von übersehene, schon damals bekannte Formel wird von den ichterstattern gleichfalls geprüft[3]. Diese, von den meisten lischen Gelehrten später beibehaltene ist von Thomas ung. Dieser gelehrte Physiker benutzte die Messungen ptsächlich von Dalton, aufserdem aber auch von Schmidt, rancourt, Biker und Andern, und glaubte gefunden zu en, dafs die allgemeinen Ausdrücke

$$e = 0{,}1781\,(1 + 0{,}006\,f)^7,$$

$$e = 0{,}18 + 0{,}007\,f + 0{,}00019\,f^2,$$

terer für hohe, letzterer für niedere Temperaturen, mit den bachtungen genügend übereinstimmen, wenn e die Elasticität englischen Zollen und f Grade der Fahrenheit'schen Scale, 32° an gezählt, bezeichnen. Die Vergleichung der be-hneten und beobachteten Werthe ergiebt, dafs sie das ver-gte Gesetz allerdings bis zur Siedehitze des Wassers genau ug angiebt, in den höheren Temperaturen zeigt sie aber

---

1 Poggendorff's Ann. XIII. 122.
2 Edinburgh Journ. of Science. N. XIX. p. 65. N. XX. p. 282.
3 Lectures on Nat. Philos. T. II. p. 400.

bedeutende Abweichungen von den wenigen ihm damals bekannten Messungen. Die französischen Akademiker konnten blofs die erste Formel berücksichtigen, weil ihre Beobachtungen den Temperaturen über der Siedehitze zugehören, und diese ist es auch allein, welche die späteren englischen Physiker beachtet haben. Crichton[1] änderte in dieser Formel blofs den Exponenten, indem er ihn = 6 nahm, weil dann die Messungen von Ure besser damit übereinstimmten, und Southern[2] wählte statt dessen 5,13. Inzwischen gab Treadgold[3] jenem höheren Exponenten den Vorzug, denn seine Formel ist:

$$t = 85 \sqrt[6]{\gamma} f - 75,$$

wenn t die Temperaturen in Centesimalgraden von 0° an und

---

1 Philos. Magaz. T. LIII. p. 266.

2 Robison Mech. Philos. T. II. p. 172. Daselbst ist der ganze Brief, welchen Southern an Watt schrieb, abgedruckt. Seine Formel, ausführlicher bezeichnet, ist für t = der Temperatur in Graden nach F.; e = Elasticität nach der Quecksilberhöhe in englischen Zoll, wenn $T = t + 52$; $E = e - \frac{1}{10}$; m = 94250000000 bezeichnet,

$$E = \frac{T^{5,14}}{m} \text{ und } T = \sqrt[5,14]{E\,m},$$

und da die Rechnung sich leichter mit Logarithmen anstellen läfst:

$$\text{Log. } E = 5,14 \text{ Log. } T - 10,97427,$$
$$\text{Log. } T = \frac{\text{Log. } E + 10,97427}{5,14}.$$

Noch bessere Uebereinstimmung erhielt er, wenn $T = t + 51,5$; m = 87344000000 und der Exponent = 5,13 genommen wird, unter der Voraussetzung, dafs der Siedepunct des Thermometers = 212° F. bei 30 Z. engl. bestimmt wurde. Dann sind die beiden Formeln

$$\text{Log. } E = 5,13 \text{ Log. } T - 10,94123,$$
$$\text{Log. } T = \frac{\text{Log. } E + 10,94123}{5,13}.$$

3 Traité des Machines à vapeur. 1823. 4. Traduit de Mellet. p. 101. Die Formel in ihrer einfachsten Gestalt, für y = der Länge der Quecksilbersäule in Centimetern und x in Centesimalgraden von 0° an gerechnet, ist folgende:

$$y = (a + b\,x)^6.$$

Wird diese für x invertirt, und werden die Constanten a und b aus Beobachtungen bestimmt, so erhält man die im Texte angegebene, worin aber die Constanten durch Mellet etwas abgeändert worden sind. Vergl. Lamé Lehrb. d. Physik. Giefsen 1838. Th. I. S. 432.

Digitized by Google

ie Elasticitäten in Centimetern der Quecksilbersäule bezeich-
. Coriolis[1] endlich wählte für seine Formel den Ex-
ienten = 5,355. Sie ist für f = der Elasticität in Atmo-
ären unter dem Drucke einer Quecksilbersäule von 0,76 Me-
und für t in Centesimalgraden von 0° an:

$$f = \left(\frac{1 + 0{,}01878\,t}{2{,}878}\right)^{5{,}355},$$

raus

$$t = \frac{2{,}878\sqrt[5{,}355]{f} - 1}{0{,}01878}.$$

Constanten hierin sind aus Dalton's Versuchen über 100° C.
l aus denen der französischen Akademiker entnommen, die sie
ihrem provisorischen Berichte bekannt machten. Die Formel
icht sehr wenig von derjenigen ab, welche die französischen
ademiker bei der Berechnung der eben mitgetheilten Tafel
vandten, da sie die äufsersten Beobachtungen völlig genau
drückt, und bei den zwischenliegenden nur um etwa 0°,2
0°,3 abweicht. Der gröfseren Bequemlichkeit wegen geben
indefs der folgenden:

$$f = (1 + 0{,}7153 \cdot t)^5,$$

0

$$t = \frac{\sqrt[5]{f} - 1}{0{,}7153}$$

i Vorzug, worin f die Elasticität in Atmosphären von 0,76
t. Quecksilberdruck und t die Temperatur in Centesimal-
den von 100° an gerechnet, oberhalb positiv und unterhalb
gativ, bezeichnen, das Intervall von 100° als Einheit ge-
mmen. Sehr interessant ist dann folgende Zusammenstel-
ig:

1 Du calcul de l'effet des Machines 1829. 4. p. 58.

Digitized by Google

Beobacht. Meter der Quecksilbersäule	Elasticität Atmosph. zu 0,76 Met.	Temperaturen beobachtet	berechnet	nach Tredgold	nach Roche	nach Coriolis
1,6292	2,1400	123°,7	122°,97	123°,54	123°,58	123°,45
2,1816	2,8705	133,3	132,90	133,54	133,43	133,34
3,4759	4,5735	149,7	149,77	150,39	150,23	150,30
4,9383	6,4977	163,4	163,47	164,06	163,90	164,10
5,6054	7,3755	168,5	168,70	169,07	169,09	169,30
8,8400	11,6320	188,5	188,60	188,44	188,63	189,02
13,0610	17,1850	206,8	207,20	206,15	207,04	207,43
13,1370	17,2850	207,4	207,50	206,30	207,94	207,68
14,0634	18,5040	210,5	210,80	209,55	210,30	211,06
16,3816	21,5550	218,4	218,50	216,29	218,01	218,66
18,1894	23,9340	224,15	224,02	222,09	233,40	224,0

536) Aus dieser Tafel ergiebt sich die nahe Uebereinstimmung der nach allen Formeln berechneten Werthe mit dem beobachteten, am meisten aber ist dieses der Fall für die geringeren Pressungen bei der von Tredgold, für die gröfseren dagegen bei der der französischen Akademiker, die aber ungleich für Werthe unter 100° C. für gar nicht anwendbar erklärt wird, weil die Abweichungen mit den Verminderungen der Temperatur fortwährend wachsen. Die Ursache hiervon soll darin liegen, dafs die einzige in dieser, allerdings sehr bequemen Formel eingeführte Constante aus der letzten, also aus der der höchsten Temperatur zugehörigen Beobachtung entnommen worden ist. Aus diesem Grunde aber wird als sehr wahrscheinlich vorausgesetzt, dafs die Formel auch für höhere Temperaturen, mithin so weit, als die technische Anwendung erfordert, hinlängliche Genauigkeit gewährt, und es sind daher in der folgenden Tabelle die Werthe für die ersten 4 Atmosphären nach Tredgold's Formel, für die folgenden nach der der französischen Akademiker berechnet zusammengestellt.

Elasticität in Atmosphären	Quecksilberdruck in Metern	Temperaturen	Druck gegen ein Quadratcentimeter
1,0	0,76	100°,00	1,033 Kilogr.
1,5	1,14	112,20	1,549 —
2,0	1,52	121,40	2,066 —
2,5	1,90	128,80	2,582 —
3,0	2,28	135,10	3,099 —
3,5	2,66	140,60	3,615 —
4,0	3,04	145,40	4,132 —
4,5	3,42	149,06	4,648 —
5,0	3,80	153,08	5,165 —
5,5	4,18	156,80	5,681 —
6,0	4,56	160,20	6,198 —
6,5	4,94	163,48	6,714 —
7,0	5,32	166,50	7,231 —
7,5	5,70	169,37	7,747 —
8	6,08	172,10	8,264 —
9	6,84	177,10	9,297 —
10	7,60	181,60	10,330 —
11	8,36	186,03	11,363 —
12	9,12	190,00	12,396 —
13	9,88	193,70	13,429 —
14	10,64	197,19	14,462 —
15	11,40	200,48	15,495 —
16	12,16	203,60	16,528 —
17	12,92	206,57	17,561 —
18	13,68	209,40	18,594 —
19	14,44	212,10	19,627 —
20	15,20	214,70	20,660 —
21	15,96	217,20	21,693 —
22	16,72	219,60	22,726 —
23	17,48	221,90	23,759 —
24	18,24	224,20	24,792 —
25	19,00	226,30	25,825 —
30	22,80	236,20	30,990 —
35	26,60	244,85	36,155 —
40	30,40	252,55	41,320 —
45	34,20	259,52	46,485 —
50	38,00	265,89	51,650 —

537) Durch Rudberg veranlafst unterwarf Srasky[1] die bachtungen der französischen Akademiker und die aus ih- abgeleitete Formel einer scharfen Prüfung, und fand, dafs

1 Poggendorff's Ann. XXX. 331.

von 3,3 Atmosphären an die beobachteten Werthe sämmtlich gröfser sind, als die berechneten, und zwar um Unterschiede, deren Maximum bei 18 Atmosphären 0°,27 beträgt. Die Berechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate ergab einen Fehler des Coefficienten der Formel von — 0,00372853 und des Exponenten von + 0,00132595. Hiernach wird der Coefficient der Dulong'schen Formel statt 0,7153 richtiger = 0,719, der Exponent 5 aber = 4,9987, und die verbesserte Formel heifst also:

$$f = (1 + 0{,}719\,t)^{4{,}9987}$$

und

$$t = \frac{\sqrt[4{,}9987]{f} - 1}{0{,}719},$$

welche allerdings die beobachteten Werthe sehr genau ausdrückt, indem die Differenzen bald positiv, bald negativ sind, die Summe ihrer Quadrate aber nur 0,14858 beträgt, statt dafs sie nach der Dulong'schen Formel = 0,80718 ist.

538) Ehe wir zu demjenigen übergehn, was später über diese Formel oder überhaupt in Beziehung auf einen allgemeinen analytischen Ausdruck der Elasticitäten des Wasserdampfes vorgebracht worden ist, müssen wir zuvor den wesentlichen Inhalt einer sehr gediegenen Arbeit mittheilen, welche sich über das Problem im Allgemeinen und über die verschiedenen Versuche, dasselbe zu lösen, verbreitet, um so mehr, als die so eben mitgetheilte Formel blofs für Temperaturen über der Siedehitze des Wassers anwendbar, und blofs auf die Resultate der Versuche gegründet ist, die wir den höchst schätzbaren Bemühungen der französischen Akademiker verdanken. Egen[1] beschäftigt sich in seiner Abhandlung blofs mit dem mathematischen Theile der Aufgabe, indem er für die bereits bekannt gewordenen Messungen einen allgemeinen analytischen Ausdruck zu finden sucht. Da hierbei zugleich alles dasjenige berücksichtigt worden ist, was der Art. *Dampf* dieses Werkes enthält, so können wir hierüber schnell hinweggehn, und es wird genügen, nur dasjenige aufzunehmen, was zur Erhaltung des Zusammenhanges dieser schätzbaren Uebersicht der wesentlichsten früheren

1 Poggendorff's Ann. XXVII. 9.

Digitized by Google

Geschichte der Technik (s. a. Geschichte der Naturwissenschaften, Geschichte der Wirtschaftswissenschaften, Geschichte der Wissenschaften, Wirtschaftsgeschichte)

1961	1	Allgemeines
1961	2	Geschichte einzelner Gebiete der Technik
1961	3	Geschichte einzelner Erfindungen
1961	4	Geschichte einzelner Maschinen
1961	5	Geschichte einzelner Werkzeuge
1961	6	Geschichte einzelner Verfahren
1961	7	Geschichte einzelner Werke
1961	8	Geschichte einzelner Erzeugnisse
1961	9	Geschichte einzelner Personen

1961	10	Geschichte einzelner Länder
1961	11	Geschichte einzelner Zeiten
1961	12	Geschichte einzelner Orte
1961	13	Geschichte einzelner Sachen
1961	14	Geschichte einzelner Begriffe
1961	15	Geschichte einzelner Ideen
1961	16	Geschichte einzelner Theorien
1961	17	Geschichte einzelner Methoden
1961	18	Geschichte einzelner Systeme
1961	19	Geschichte einzelner Modelle

1961	20	Geschichte einzelner Prinzipien
1961	21	Geschichte einzelner Gesetze
1961	22	Geschichte einzelner Regeln
1961	23	Geschichte einzelner Normen
1961	24	Geschichte einzelner Standards
1961	25	Geschichte einzelner Typen
1961	26	Geschichte einzelner Klassen
1961	27	Geschichte einzelner Arten
1961	28	Geschichte einzelner Gattungen
1961	29	Geschichte einzelner Familien

1961	30	Geschichte einzelner Ordnungen
1961	31	Geschichte einzelner Reihen
1961	32	Geschichte einzelner Folgen
1961	33	Geschichte einzelner Serien
1961	34	Geschichte einzelner Gruppen
1961	35	Geschichte einzelner Ketten
1961	36	Geschichte einzelner Netze
1961	37	Geschichte einzelner Systeme
1961	38	Geschichte einzelner Modelle
1961	39	Geschichte einzelner Prinzipien

1961	40	Geschichte einzelner Gesetze
1961	41	Geschichte einzelner Regeln
1961	42	Geschichte einzelner Normen
1961	43	Geschichte einzelner Standards
1961	44	Geschichte einzelner Typen
1961	45	Geschichte einzelner Klassen
1961	46	Geschichte einzelner Arten
1961	47	Geschichte einzelner Gattungen
1961	48	Geschichte einzelner Familien
1961	49	Geschichte einzelner Ordnungen

1961	50	Geschichte einzelner Reihen
1961	51	Geschichte einzelner Folgen
1961	52	Geschichte einzelner Serien
1961	53	Geschichte einzelner Gruppen
1961	54	Geschichte einzelner Ketten
1961	55	Geschichte einzelner Netze
1961	56	Geschichte einzelner Systeme
1961	57	Geschichte einzelner Modelle
1961	58	Geschichte einzelner Prinzipien
1961	59	Geschichte einzelner Gesetze

1961	60	Geschichte einzelner Regeln
1961	61	Geschichte einzelner Normen
1961	62	Geschichte einzelner Standards
1961	63	Geschichte einzelner Typen
1961	64	Geschichte einzelner Klassen
1961	65	Geschichte einzelner Arten
1961	66	Geschichte einzelner Gattungen
1961	67	Geschichte einzelner Familien
1961	68	Geschichte einzelner Ordnungen
1961	69	Geschichte einzelner Reihen

1961	70	Geschichte einzelner Folgen
1961	71	Geschichte einzelner Serien
1961	72	Geschichte einzelner Gruppen
1961	73	Geschichte einzelner Ketten
1961	74	Geschichte einzelner Netze
1961	75	Geschichte einzelner Systeme
1961	76	Geschichte einzelner Modelle
1961	77	Geschichte einzelner Prinzipien
1961	78	Geschichte einzelner Gesetze
1961	79	Geschichte einzelner Regeln

1961	80	Geschichte einzelner Normen
1961	81	Geschichte einzelner Standards
1961	82	Geschichte einzelner Typen
1961	83	Geschichte einzelner Klassen
1961	84	Geschichte einzelner Arten
1961	85	Geschichte einzelner Gattungen
1961	86	Geschichte einzelner Familien
1961	87	Geschichte einzelner Ordnungen
1961	88	Geschichte einzelner Reihen
1961	89	Geschichte einzelner Folgen

1961	90	Geschichte einzelner Serien
1961	91	Geschichte einzelner Gruppen
1961	92	Geschichte einzelner Ketten
1961	93	Geschichte einzelner Netze
1961	94	Geschichte einzelner Systeme
1961	95	Geschichte einzelner Modelle
1961	96	Geschichte einzelner Prinzipien
1961	97	Geschichte einzelner Gesetze
1961	98	Geschichte einzelner Regeln
1961	99	Geschichte einzelner Normen

suche mit gleicher oder noch gröfserer Genauigkeit angestellt worden sind, was so bald nicht zu erwarten steht. Eine Verbindung derselben mit den früheren könnte der Richtigkeit nur Abbruch thun.

539) Die zunächst folgende Beurtheilung der früheren Formeln stimmt im Ganzen mit dem überein, was in Beziehung auf dieselben bereits gesagt worden ist[1], und wir begnügen uns daher, die Abweichungen und nöthigen Verbesserungen in Anmerkungen hinzuzufügen. Die erwähnten Formeln sind zuerst die beiden von Prony, die von G. G. Schmidt, von Soldner und Laplace mit Rücksicht auf die Modificationen, welche diese durch Biot erhielten. Diesen ähnlich ist die von Ivory[2] in Vorschlag gebrachte Formel, worin die Coefficienten aus den Beobachtungen von Ure bestimmt sind. Hiernach ist für Quecksilberhöhen in englischen Zollen und Thermometergraden nach Fahrenheit die Elasticität ε:

$$\text{Log. } \varepsilon = 30 + 0{,}0087466\,(t-212) - 0{,}000015178\,(t-212)^2 + 0{,}000000024825\,(t-212)^3.$$

Bei den letzten drei Formeln wurden nur so viele Beobachtungen aufgenommen, als zur Bestimmung der Coefficienten nöthig waren, Paucker[3] aber wandte auf alle zwischen den beiden festen Puncten des Thermometers liegende die Methode der kleinsten Quadrate an, und erhielt dann für englische Zolle und Temperaturen nach der 80theil. Scale:

$$\text{Log. } \varepsilon = 30 - 0{,}019127878274\,(80-t) - 0{,}00010965474 88\,(80-t)^2 + 0{,}000000109539 36\,(80-t)^3.$$

Die dritte Formel dieser Art ist die von Kämtz[4], sie alle aber haben den gemeinschaftlichen Fehler, dafs sie bei ihrer Anwendung auf sehr hohe Temperaturen zu widersinnigen Resultaten führen, indem die Elasticität des Dampfes dadurch wieder abnimmt oder gar negativ wird. Man vermindert diesen Fehler durch die Aufnahme mehrerer Glieder, aber dann werden sie durch ihre Weitläuftigkeit unbrauchbar. Weit mehr

---

1 S. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 821 ff.

2 Philos. Magaz. and Ann. T. I. p. 1. Sie ist neuer, als der Art. *Dampf.*

3 Ueber die Anwendung der Methode der kleinsten Quadratsumme auf physikalische Beobachtungen. Mitau 1819. 4. S. 26.

4 Untersuchungen über die Expansivkraft der Dämpfe. Halle 1826. 8. Vergl. Art. *Dampf.* S. 345.

Digitized by Google

en Beobachtungen, hauptsächlich in den niederen Graden, an-
emessen und nur für die höheren und höchsten abweichend
t die Formel von August[1], welcher bemerkte, dafs die Expan-
onen des Wasserdampfes für gleichmäfsig wachsende Tempe-
turen eine geometrische Reihe mit abnehmenden Exponenten
lden, und hiernach annahm, dafs sie durch die allgemeine
ormel

$$e = a\,m^{\frac{1}{1+\beta t}}$$

ch ausdrücken lassen. Indem er hierin die einzelnen Gröfsen
ch bekannten Werthen bestimmte, so erhielt er für metrisches
afs und Centesimalgrade

$$\text{Log. } \varepsilon = \frac{23{,}945371\,t}{800+3\,t} - 2{,}2960383,$$

0

$$t = \frac{800}{3} \cdot \frac{2{,}2960383 + \text{Log. } \varepsilon}{5{,}6857520 - \text{Log. } \varepsilon}.$$

eser analytische Ausdruck hat noch den Vorzug, dafs er für
höchsten Temperaturen nicht zu Ungereimtheiten führt, doch
(§. 535) bemerkt worden, dafs er für hohe Temperaturen
n den Beobachtungen bedeutend abweichende Werthe giebt.

540) Egen führt einige vergebliche Versuche, die Relatio-
n zwischen den Temperaturen und den Elasticitäten des Was-
rdampfes auszudrücken, die im Artikel *Dampf*[2] nur beiläufig
gegeben worden sind, weiter aus. Dahin gehört zuerst das
n Dalton aufgestellte Gesetz, wie dieses durch Gilbert[3]
tgetheilt worden ist. Werden die Temperaturunterschiede
ch Gröfsen von 11°,25 F. gemessen, und nennt man 1,25 = a,
)15 = b, so gehören folgende Temperaturen und Expansiv-
äfte einander zu:

---

1 Aus den von Kämtz zusammengestellten mittleren Werthen der verlässigsten Messungen fand er, dafs die Divisionen jeder folgenden röfse durch die vorhergehende gleichmäfsig abnehmende Quotienten ben. Es ist nämlich $\frac{4{,}62}{2{,}10} = 2{,}20$; $\frac{10{,}08}{4{,}62} = 2{,}18$; $\frac{20{,}35}{10{,}08} =$ 02.... Wären alle Quotienten gleich, so bildeten die Elasticitäten ne geometrische Reihe und könnten durch $e = a\,m^t$ ausgedrückt rden.

2 Bd. II. S. 329. 333. 347.

3 Dessen Annalen Bd. XV. S. 34.

Temperaturen.	Elasticitäten in engl. Zoll.
212	30
212 + 1 (11,25) .	30 $(a-b)$
212 + 2 (11,25) .	30 $(a-b)(a-2b)$
⋮	⋮
212 + m (11,25) .	30 $(a-b)(a-2b)(a-3b)\ldots(a-mb)$

Ferner für Temperaturen unter dem Siedepuncte:

Temperaturen.	Elasticitäten.
212	30
212 − 1 (11,25) .	30 $\frac{1}{a}$
212 − 2 (11,25) .	30 $\frac{1}{a(a+b)}$
212 − 3 (11,25) .	30 $\frac{1}{a(a+b)(a+2b)}$
⋮	⋮
212 − m (11,25) .	30 $\frac{1}{a(a+b)(a+2b)\ldots.(a+(m-1)b)}$

Dafs diese Ausdrücke fehlerhaft sind, ergiebt sich bald, denn zuerst haben sie keine allgemeine Gültigkeit, weil für m nur ganze Zahlen zulässig sind. Setzt man ferner $mb=0{,}25$, also $m=16$, so giebt dieses das Maximum der Expansivkraft für $212° + 180° = 392°$ F, und von hier an werden die Expansivkräfte wieder abnehmend. Setzt man $mb=1{,}25$, so erhält man für die Temperatur 1145°,75 F. die Spannkraft = 1 Zoll, und sie bleibt bei allen höheren Temperaturen unverändert. Ebenso verhält es sich mit der von Ure angegebenen Regel, welche Egen auf folgende Weise anschaulich macht.

Temperaturen.	Elasticitäten in engl. Zoll.
210° F.	28,9
210 + 10	28,9 (1,23)
210 + 2×10 . . .	28,9 (1,23) (1,22)
⋮	⋮
210 + m . 10 . . .	28,9 (1,23) (1,22) .... (1,23 − m . 0,01)

Ferner für abnehmende Temperaturen:

210 − 10	28,9 : (1,24)
210 − 2×10 . . .	28,9 : (1,24) (1,25)
⋮	⋮
210 − m . 10 . . .	28,9 : (1,24) (1,25) ... (1,23 + m . 0,01)

Digitized by Google

m = 23, also 440° F. erhält man das Maximum der Elasti-
t; von da an nimmt sie ab, und wird für m = 123 oder für
0° F. = 0, was unmöglich mit dem Naturgesetze bestehn
n. Die von Evans aufgestellte Regel, dafs die Elasticität
für $16\frac{2}{3}$ Grad C. verdoppele, gilt zwar für 80° C., unter
er aber bedarf es einer geringeren, über derselben einer grö-
en Wärmezunahme, wenn die Expansivkraft sich verdoppeln
. Schon hieraus ergiebt sich, dafs die von Christian[1] auf-
ellte Regel, die Elasticität werde durch eine Temperaturer-
ung von 22° C. verdoppelt, nicht allgemein gültig sein kann;
pafst nur unmittelbar über dem Siedepuncte. Ueber seine
emeine Formel ist am gehörigen Orte[2] ausführlich gehandelt
rden. Die von den französischen Akademikern (§. 535) gleich-
s verworfene Formel von Tregaskis[3] ist auf die Voraus-
ung gegründet, dafs die Elasticitäten und Temperaturen geo-
rische Progressionen bilden, deren Exponenten 1 und 1,2
n sollen. Hiernach wäre

$$\varepsilon = 2^{\frac{\text{Log. } t-2}{\text{Log. } 1{,}2}}$$

r

---

1 Mécanique industrielle. T. II. p. 240. Diese Formel wird als
ngsweise geeignet zur Berechnung des Effectes der Dampfmaschi-
in Schutz genommen durch Bezaine, in Mém. de l'Acad. de Pe-
b. VIme Sér. T. II. Livr. III. Sobald man blofs diesen Zweck im
e hat, läfst sich dagegen nichts einwenden; denn der gewöhnliche
ck bei Dampfmaschinen ist der atmosphärische oder ein nur wenig
erer, und wenn man auch zu höheren Pressungen bei den soge-
nten Hochdruckmaschinen übergeht, so geschieht dieses doch nicht
iner solchen Ausdehnung, dafs hieraus bedeutende Abweichungen
der aufgestellten Regel erwachsen könnten. Ganz anders aber
altet sich die Sache, wenn von einer Formel die Rede ist, die eben-
ohl die Elasticitäten bei sehr niederen, als auch bei sehr hohen
peraturen den Messungen genügend ausdrücken soll. Eben die-
läfst sich sagen über das durch Dufour ausgesprochene Gesetz,
cher für die Zunahme des Druckes um eine Atmosphäre von 100°
eine stets abnehmende Vermehrung der Thermometergrade annimmt.
rnach gehören für 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7 u. s. w. Atmosphären Druck
Temperaturen: 100; 122; 135; 145; 153; 160; 166 u. s. w., deren
terschiede = 22; 15; 10; 8; 7; 6 u. s. w. sind.

2 S. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 337.

3 Ann. de Chim. et Phys. 1830. Janv. Edinburgh Journ. of
ence. N. XIX. p. 68. N. XX. p. 282.

Digitized by Google

$$\text{Log. } \varepsilon = \frac{(\text{Log. } t - 2)\ \text{Log. } 2}{\text{Log. } 1{,}2},$$

doch weicht dieses in höheren Temperaturen sehr merklich von den Beobachtungen ab.

Young's Formel und die von Southern sind oben (§. 335) erwähnt worden, es wird hier aber hinzugesetzt, dafs John Farey in seinem grofsen Werke über Dampfmaschinen[1] statt der Gröfse $T = t + 52$, welche Southern selbst in $T = t + 51{,}5$ verwandelt hatte, die Gröfse $T = t + 51{,}3$ wählte. Wendet man diese unbedeutend veränderte Formel an, so zeigen sich folgende Abweichungen der nach ihr berechneten und durch sichere Beobachtungen gefundenen Werthe:

Expansivkraft	Temperaturen: wahre	Temperaturen: berechnete	Unterschiede.
$\frac{1}{130}$ Atmosph.	0°,0 C.	1°,6 C.	+ 1°,6
2 —	121,1	121,1	0,0
4 —	145,0	145,5	+ 0,5
8 —	171,8	173,3	+ 1,5
16 —	203,1	204,6	+ 1,5
24 —	224,2	225,4	+ 1,2

In niedrigen und sehr hohen Temperaturen weicht sie also am meisten ab, weniger aber, als irgend eine der frühern Formeln. Die ihr fast gleiche von Crichton wird hier blofs beiläufig erwähnt, sie heifst aber, wie Poggendorff in einer Anmerkung hinzusetzt:

$$6\ [\text{Log. } (t + 85) - 2{,}22697] = \text{Log. } (\varepsilon - 0{,}09).$$

Ebenso giebt Egen nur kurz die Formel von Coriolis an, prüft aber näher die von Tredgold, welche nach ihm für t' in Graden nach F. und $\varepsilon' =$ der Elasticität in englischen Zollen der Quecksilbersäule heifst:

$$\varepsilon' = \frac{(t' + 100)^6}{177},$$

nach Mellet aber für Meter und Centesimalgrade:

$$100\ \varepsilon'' = \frac{(t + 73)^6}{84},$$

oder besser

$$100\ \varepsilon'' = \frac{(t + 75)^6}{85}.$$

---

1 A Treatise on the Steam-Engine. Lond. 1828. 4. p. 72.

Digitized by Google

e Prüfung derselben giebt folgende Resultate:

Expansivkraft	Temperatur wahre	Temperatur berechnete	Abweichung.
$\frac{1}{150}$ Atmosph.	0°,0 C.	1°,3 C.	+ 1°,3 C.
0,25 —	65,5	63,8	— 1,7
0,5 —	81,7	80,9	— 0,8
2 —	121,1	121,4	+ 0,3
4 —	145,0	145,4	+ 0,4
8 —	171,8	172,4	+ 0,6
20 —	214,7	213,2	— 1,5
24 —	224,2	222,1	— 2,1

nach also die Unterschiede gröfser sind, als wenn man nach REY's Formel rechnet. Die von den französischen Akade-kern gefundene Formel weicht von den Beobachtungen bei deren Temperaturen noch stärker ab, als die zuletzt erwähn-, für höhere Temperaturen über der Siedehitze nur um 0°,6, nach sie also in diesem Bereiche für ziemlich genau gelten n.

Endlich prüft EGEN noch diejenigen Formeln, welche auf oretische Gründe gestützt sind. Dahin gehört zuerst die von ISSON, worüber er auf gleiche Weise urtheilt, als bereits oben[1] chehen ist. MAYER's Formel verwirft er deswegen, weil zu sehr von den Beobachtungen der pariser Akademiker weichende Resultate giebt. Eben dieses ist der Fall, wenn n in ihr die aus ARZBERGER's Versuchen entnommenen nstanten einführt[2], oder diejenigen, welche KÄMTZ[3] aus LTON's Messungen mittelst der Methode der kleinsten Qua-te gefunden hat, wonach sie für pariser Zolle und Grade nach heifst:

$$\text{Log. } \varepsilon = 5{,}626 + \text{Log. } (213{,}34 + t) - \frac{1680{,}5944541}{213{,}34 + t},$$

dafs also nach EGEN diese Formel, ungeachtet der grofsen fmerksamkeit, die man ihr in Deutschland geschenkt hat, nzlich zu verwerfen scheint. Die zuletzt gleichfalls erwähnte rmel von ROCHE ist oben (§. 535) schon mitgetheilt worden.

541) Ehe wir die weiteren Untersuchungen hier aufnehmen,

1 S. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 842. Vergl. G. LXXVI. 280.
2 Auch hierüber s. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 843 ff.
3 Untersuchungen über die Expansivkraft der Dämpfe. Halle 1826.

Digitized by Google

sey es uns erlaubt, einige Bemerkungen vorauszuschicken. Ob die Mayer'sche Formel in der That so verwerflich sey, als hier angenommen wird, bleibt noch immer fraglich. Auf jeden Fall sind die Principien, worauf sie beruhet, nicht durchaus verwerflich, das Mittel der Prüfung aber, sie den späteren Messungen, namentlich denen der Pariser Akademiker, anzupassen, mufs nothwendig als unzulässig erscheinen. Ein Hauptelement derselben ist der Coefficient der Ausdehnung expansibler Flüssigkeiten durch Wärme. Dieser ist $= \frac{1}{213}$ nach der 80theil. Scale, also 0,003755 für 1° C. angenommen, und da er nach den neuesten Untersuchungen (§. 493) nur 0,003646 beträgt, so konnte schon aus diesem Grunde die numerische Entwickelung der Formel keine richtigen Gröfsen geben. Zur Bestimmung der Constanten wurden die Resultate der damals bekannten Messungen, und unter diesen die von Arzberger, genommen; da aber viele der ersteren und namentlich die letzteren nach den Pariser Messungen als falsch erscheinen, so war es weder für Arzberger noch für Kämtz möglich, auf diesem Wege zu einer den Beobachtungen der Pariser Akademiker genügenden Formel zu gelangen. Endlich nahm Mayer den atmosphärischen Luftdruck zu 336 Par. Linien an, statt dafs derselbe 0,76 Meter oder 336,905 Par. Linien beträgt, wonach also alle Bestimmungen für Atmosphären im Verhältnifs von 336 : 336,905 zu klein sind. Inzwischen könnte Letzteres keine sehr bedeutenden Unterschieden herbeiführen, wenn nur die für höhere Temperaturen zum Grunde gelegten Messungen genauer wären. allein die französischen Akademiker bemerken (§. 534), dafs die Temperatur von 222° C., welche Arzberger für 20 Atmosphären gefunden hat, nach ihnen einem Drucke von 23 Atmosphären zugehöre, der Unterschied der Temperaturen für diese beiden Pressungen beträgt aber 7°,2 C., und hieraus folgt daher nothwendig, dafs alle nach einer Formel berechneten Temperaturen, worin jene Messungen eingeführt sind, zunehmend zu hoch seyn müssen. Vergleichen wir die den höheren Pressungen zugehörigen Temperaturen, wie sie im Art. *Dampf* nach der Mayer'schen Formel berechnet worden sind, mit den durch die französischen Akademiker gefundenen, so erhalten wir folgende Unterschiede in genäherten Werthen:

Digitized by Google

Atmosphären	Temperaturen		Unter-
	Mayer	Akademiker	schiede.
5	155° C.	153° C.	2° C.
10	185	181	4
15	205	200	5
20	221	214	7

ieraus ergiebt sich, dafs die Formel mit einem Fehler behaf- t ist, welcher durch Einführung richtiger Constanten wegfal- n würde. Der Mangel an Uebereinstimmung der nach ihr rechneten Werthe mit den Pariser Messungen, die bei der stimmung der Constanten gar nicht, statt ihrer aber erwiesen lsche berücksichtigt wurden, beweiset also durchaus nicht gen ihre Zulässigkeit, vielmehr ist es rücksichtlich ihrer Ein- chheit und Bequemlichkeit, wie nicht minder der Richtigkeit r Principien, die bei ihr zum Grunde liegen, allerdings der ühe werth, nach Einführung neuer Constanten zu versuchen, ie nahe die nach ihr berechneten Werthe mit den genauesten, rch Beobachtungen gefundenen übereinstimmen.

Die zweite Bemerkung betrifft die Frage, welche bereits rtert wurde[1], ob nämlich die Elasticität des Dampfes über m Siedepuncte des Wassers anderen Gesetzen unterliege, als ter demselben. Nach abermaliger Prüfung glaube ich dieselbe ch jetzt noch verneinen zu müssen, und zwar aus dem ein- hen Grunde, weil das Sieden nicht an eine gewisse Tem- ratur gebunden ist, sondern lediglich vom Luftdrucke abhängt, thin auch keinen Wendepunct der Elasticitäten herbeiführen nn. Man könnte auch noch das Argument geltend machen, s die Wärme des Dampfes, welche seine Elasticität bedingt, e constante Gröfse ist, sobald wir die Summe der latenten d der sensiblen nehmen, und also auch hier keine Grenze tritt, aufser dann, wenn die latente $=0$ wird, also etwa bei 0° C. Ist aber diese Annahme gegründet, so kann auch die rmel der französischen Akademiker nicht völlig richtig seyn, sie die Elasticitäten des Dampfes unter dem Siedepuncte ht genau ausdrückt, vielmehr mufs man bei der Auffindung er jeden Formel sowohl die geringsten, als auch die gröfs- Elasticitäten berücksichtigen, was auch bei spätern Versu- n geschehen ist.

---

1 S. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 550.

Digitized by Google

542) Egen hielt es nicht für räthlich, auf theoretische Argumentationen eine Formel zu gründen, weil uns die eigentlichen Gesetze für das Verhalten der Wärme rücksichtlich der durch sie bewirkten Expansion noch nicht hinlänglich bekannt sind, und er zog daher vor, diese aus den ihm als die genauesten erscheinenden Messungen zu entwickeln, indem er diejenige Reihe aufsuchte, welche die Temperaturen für eine geometrische Progression der Elasticitäten bilden. Hierzu verhalf ihm die Aufsuchung folgender Differenzen:

Expansion Atmosph.	Temperaturen	Differenzen Δ	Δ'	Δ''
$\frac{1}{128}$	2°,3 C.			
$\frac{1}{64}$	13,6 —	11,3		
$\frac{1}{32}$	25,4 —	11,8	0,6	
$\frac{1}{16}$	37,9 —	12,5	0,7	0,1
$\frac{1}{8}$	51,2 —	13,3	0,8	0,1
$\frac{1}{4}$	65,5 —	14,3	1,0	0,2
$\frac{1}{2}$	81,7 —	16,2	1,8	0,8
1	100,0 —	18,3	2,1	0,3
2	121,1	21,1	2,8	0,7
4	145,0	23,9	2,8	0,0
8	171,8	26,8	2,9	0,1
16	203,1	31,3	4,5	1,6

Nimmt man die dritten Differenzen als constant an, so läst sich hieraus eine Reihe für die Temperaturen bilden, deren erstes Glied durch a, das erste Glied der Reihe der ersten Differenz durch b, das zweite Glied der zweiten Differenz durch c und die constante Differenz durch d bezeichnet werden möge. Auf diese Weise erhält man folgende 9 Bedingungsgleichungen:

1) $37{,}9 = 2{,}3 + 36\,b + 3\,c + d$
2) $51{,}2 = 2{,}3 + 46\,b + 6\,c + 4\,d$
3) $65{,}5 = 2{,}3 + 56\,b + 10\,c + 10\,d$
4) $81{,}7 = 2{,}3 + 66\,b + 15\,c + 20\,d$
5) $100{,}0 = 2{,}3 + 76\,b + 21\,c + 35\,d$
6) $121{,}1 = 2{,}3 + 86\,b + 28\,c + 56\,d$
7) $145{,}0 = 2{,}3 + 96\,b + 36\,c + 84\,d$
8) $171{,}8 = 2{,}3 + 106\,b + 45\,c + 120\,d$
9) $203{,}1 = 2{,}3 + 116\,b + 55\,c + 165\,d$

Hieraus fand Egen durch eine einfache Methode $b = 11{,}51$; $c = 0{,}15$; $d = 0{,}40$. Eine hiernach gebildete Reihe gab mit

Digitized by Google

r gegebenen so genau übereinstimmende Werthe[1], dafs dieses r weiteren Entwickelung der Formel aufforderte. Heifst n die rdnungszahl eines Gliedes in der Reihe der Temperaturen, so ist:

$$= a + \frac{n-1}{1} b + \frac{(n-1)(n-2)}{1 \cdot 2} c + \frac{(n-1)(n-2)(n-3)}{1 \cdot 2 \cdot 3} d$$

ler:

$$= (a - b + c - d) + (b - \tfrac{3}{2} c + \tfrac{11}{6} d) n + (\tfrac{1}{2} c - d) n^2 + \tfrac{1}{6} d n^3.$$

tzt man in der Reihe der Expansivkräfte das zu t gehörige ied $= e$, das erste Glied $\frac{1}{128} = a'$ und den Progressions- tponenten $= e'$, so ist (für diese geometrische Reihe)

$$e = a' \cdot e'^{\,n-1}$$

er:

$$= \frac{\text{Log. } e - \text{Log. } a'}{\text{Log. } e'} + 1 = \frac{\text{Log. } e}{\text{Log. } e'} - \frac{\text{Log. } a'}{\text{Log. } e'} + 1.$$

n abzukürzen, sey $\frac{\text{Log. } a'}{\text{Log. } e} - 1 = r$; $\frac{\text{Log. } e}{\text{Log. } e'} = x$;

$-b + c - d = \delta$; $b - \frac{3}{2} c + \frac{11}{6} d = \gamma$; $\frac{1}{2} c - d = \beta$; $\frac{1}{6} d = \alpha$,

)nach $n = x - r$. Dieses substituirt giebt:

$$t = \delta - (\alpha r^2 - \beta r + \gamma) r + [(3\alpha r - 2\beta) r + \gamma] x - (3\alpha r - \beta) x^2 + \alpha x^3,$$

er auch:

$$t = \delta - (\alpha r^2 - \beta r + \gamma) r + \frac{(3\alpha r - 2\beta) r + \gamma}{\text{Log. } e'} \text{Log. } e + \frac{\beta - 3\alpha r}{\text{Log.}^2 e'} \text{Log.}^2 e + \frac{\alpha}{\text{Log.}^3 e'} \text{Log.}^3 e.$$

ist aber

$= 2{,}3$; $b = 11{,}51$; $c = 0{,}15$; $d = 0{,}4$; $e' = 2$; $a' = \frac{1}{128}$,

glich auch

$\alpha = 0{,}0666667$; $\beta = -0{,}325$; $\gamma = 12{,}0183333$;

$\delta = -9{,}46$; $r = -8$.

erden diese Werthe substituirt, so erhält man

$$= 100{,}02 + 65{,}1707 \text{ Log. } e + 14{,}07 \text{ Log.}^2 e + 2{,}444 \text{ Log.}^3 e \quad (I)$$

l es ist:

Log. 65,1707 = 1,81405; Log. 14,07 = 1,14830;

Log. 2,444 = 0,38808.

bergehn wir die Abänderung der Coefficienten, wodurch es eine zweite, die Fehler noch mehr vermindernde, Formel ielt, und die Vergleichung der berechneten mit den beobach-

---

1 Die Summe der Fehler beträgt — 0,3.

teten Werthen, woraus dieses hervorgeht, so verdient bemerkt zu werden, dafs er zur schärferen Bestimmung der Coefficienten 29 Beobachtungen auswählte, die er für die genaueste hielt, sie nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnete und dadurch folgende bis zur dritten Potenz gehende Gleichung erhielt

$$t = 100 + 64{,}86106 \text{ Log. } e + 14{,}14528 \text{ Log.}^2 e + 2{,}50778 \text{ Log.}^3 e \ldots . \text{ (III).}$$

Als aber auch diese noch Abweichungen zeigte, die ihm zu grofs schienen, hielt er für besser, die Formel bis zur vierten Potenz auszudehnen, wonach sie allgemein ausgedrückt heifst:

$$t = 100 + s \text{ Log. } e + r \text{ Log.}^2 e + q \text{ Log.}^3 e + p \text{ Log.}^4 e.$$

Zur Auffindung der Coefficienten dienten die auch früher gewählten 29 Beobachtungen, und diese gaben folgende Gleichungen:

1) $3145{,}167086\,p - 1291{,}8504756\,q + 611{,}462044\,r - 232{,}8610878\,s + 9686{,}6026822 = 0$
2) $1291{,}8504756\,p - 611{,}462044\,q + 232{,}8610878\,r - 139{,}6054183\,s + 7294{,}4778232 = 0$
3) $611{,}462044\,p - 232{,}8610878\,q + 139{,}6054183\,r - 38{,}9095565\,s + 1132{,}91996 = 0$
4) $232{,}8610878\,p - 139{,}605183\,q + 38{,}9095565\,r - 44{,}6811735\,s + 2697{,}780132 = 0.$

Aus diesen Gleichungen ergeben sich folgende Coefficienten:

$s = 64{,}29512$	$\text{Log. } s = 1{,}8081780$
$r = 13{,}89479$	$\text{Log. } r = 1{,}1428520$
$q = 2{,}909769$	$\text{Log. } q = 0{,}4638586$
$p = 0{,}1742634$	$\text{Log. } p = 0{,}2412062 - 1$

wonach also die Gleichung ist:

$$t = 100 + 64{,}29512 \text{ Log. } e + 13{,}89479 \text{ Log.}^2 e + 2{,}909769 \text{ Log.}^3 e + 0{,}1742634 \text{ Log.}^4 e \ldots . \text{ (IV)}$$

Da die Rechnung nach der Formel (III) kürzer ist, als nach der Formel (IV), so theilen wir die Tabelle ganz mit, worin Egen die Abweichungen der nach beiden berechneten Werthe von den beobachteten zusammengestellt hat. Man übersieht bald, dafs die Beobachtungen über 100° aus den französischen (§. 534) für Atmosphären von 0,76 Meter Quecksilberdruck, die von 100° C. bis 0° aus den englischen von Dalton und Ure, die für 0° von Gay-Lussac und die für noch niedrigere Temperaturen aus den oben (§. 538) mitgetheilten entnommen sind. Hiernach kann jede einzelne leicht an den angegebenen Orten aufgefunden werden, und ebenso leicht ist es, die nach den For-

Digitized by Goog

n berechneten Werthe aus den angegebenen Unterschieden finden. Diejenigen der beobachteten Werthe, welche zur immung der Coefficienten dienten, sind mit einem Stern- ı (*) bezeichnet.

Elasticitäten		beobacht. Temper.	Abweichungen nach Formel III.	Formel IV.
23,93	Atmosph.	223°,9 C.	— 0°,99 C.	— 0°,56 C.
22,66*	—	220,4	— 0,27	+ 0,09
21,60*	—	218,3	— 0,60	— 0,29
21,31	—	217,3	— 0,28	+ 0,01
20,44	—	215,1	— 0,16	+ 0,08
18,55*	—	210,5	— 0,35	— 0,21
18,16*	—	209,1	0,00	+ 0,13
17,13*	—	206,1	+ 0,15	+ 0,24
14,53*	—	198,5	— 0,08	— 0,11
13,19*	—	193,7	+ 0,23	+ 0,13
11,66	—	188,4	— 0,34	— 0,25
10,60*	—	183,7	+ 0,37	+ 0,16
9,89*	—	180,7	+ 0,31	+ 0,09
8,11	—	172,1	+ 0,43	+ 0,13
7,61	—	169,5	+ 0,36	+ 0,06
7,39*	—	168,4	+ 0,24	— 0,06
6,51	—	163,2	0,00	— 0,05
5,12*	—	153,7	+ 0,30	— 0,02
4,86*	—	151,9	+ 0,10	— 0,23
2,14*	—	123,0	+ 0,06	— 0,13
1,00*	—	100,0	0,00	0,00
28,88*	engl. Zoll	98,89	+ 0,04	+ 0,05
23,60*	—	93,33	+ 0,04	+ 0,12
19,00*	—	87,78	— 0,38	— 0,01
12,04*	—	76,67	— 0,32	— 0,15
5,76*	—	60,00	— 0,35	+ 0,03
3,30*	—	48,89	— 0,27	— 0,01
1,86*	—	37,78	+ 0,10	+ 0,09
1,36*	—	32,22	+ 0,08	— 0,01
1,17*	—	29,44	+ 0,24	+ 0,10
0,72*	—	21,11	+ 0,28	+ 0,03
0,52*	—	15,56	+ 0,43	+ 0,09
0,365	—	10,00	+ 0,03	— 0,25
0,266	—	4,44	+ 0,34	+ 0,07
2,24*	Par. Lin.	0,00	0,00	— 0,19
1,80*	—	— 4,44	— 0,42	+ 0,61
1,51*	—	— 6,62	— 0,14	— 0,12
1,08*	—	—12,50	— 0,17	+ 0,18
0,60	—	—19,59	— 3,67	— 2,64

Digitized by Google

Wenn man die Unterschiede, welche zu 223°,9, zu — 4°,4 und zu — 19°,59 gehören, wegläfst, da die erste Messung wohl nicht genau genug seyn dürfte, bei so tiefen Temperaturen aber, als die, welcher die letzte zugehört, die verschwindend geringen Elasticitäten scharf zu messen wohl überhaupt nicht möglich seyn dürfte, und für die mittlere endlich die beiden Bestimmungen von Dalton und Ure unter sich stärker abweichen, als die Formel von dem Mittel ihrer Messungen, so sind die übrigen Abweichungen nicht bedeutend und zeugen für die Paſslichkeit der Formel, welche zugleich den Vorzug hat, dafs sie für höhere Temperaturen nicht zu widersinnigen Resultaten führt.

Mit Recht bemerkt Egen, dafs die Anwendung der Formel zur Auffindung der Elasticitäten für gegebene Temperaturen zu einer biquadratischen Gleichung führe, glaubt aber, dafs die hiernach sehr mühsame Rechnung durch eine Hülfstabelle bequemer gemacht werden könne, und zwar um so leichter, wenn die Aenderung der Elasticität für kleine Temperatur-Unterschiede bekannt sey. Um hierzu zu gelangen, differentiirt er die Formel, und findet hiernach die Aenderung der Temperatur für

1 Par. Lin. Untersch. bei 336,9 Lin. Dampfdruck = 0°,083 C.
1 — — — — 330,9 — — = 0,084
1 — — — — 324,9 — — = 0,086

wonach zugleich die Bestimmung des *Siedepunctes der Thermometer*[1] corrigirt werden kann.

543) Nach einer so reichhaltigen Bearbeitung dieses Gegenstandes kann nur noch eine spärliche Nachlese übrig bleiben. Dahin gehört eine noch nicht veröffentlichte oder mir noch nicht zu Gesicht gekommene Arbeit von Biot, worüber erst eine vorläufige Anzeige bekannt geworden ist[2]. Hieraus erfahren wir zugleich, dafs Gay-Lussac sehr genaue Messungen der Elasticitäten des Wasserdampfes zwischen — 20° bis + 100° C. angestellt und ihm die Resultate vorläufig mitgetheilt hat, aus denen und den erwähnten der französischen Akademiker es ihm gelang, eine Formel zu construiren, welche

1 Vergl. *Thermometer.* Bd. IX. S. 891.

2 L'Institut. 1833. N. XXVI. p. 222. Poggendorff's Ann. XXXI. 42. Conn. de Temps pour 1839. Compt. rend. T. VI. p. 389. Poggendorff's Ann. XLIV. 627.

Digitized by Google

e Elasticitäten des Dampfes zwischen — 20° bis + 220° mit
en diesen Messungen genau übereinstimmend ausdrücken soll.
eber die von ihm befolgte, blofs im Allgemeinen angegebene
ethode läfst sich hier nicht wohl etwas Bestimmtes mittheilen,
doch bemerkt er, dafs die Elasticität des Dampfes nach jeder
rmel nicht bis ins Unendliche, sondern nur bis 1200 Atmo-
hären wachsen könne[1]. Auf eine später bekannt gewordene
merkung von Pambour, dafs man das Verhältnifs der Elasti-
äten des Wasserdampfes zu den Temperaturgraden noch nicht
nau kenne, erwiderte Biot, er habe unlängst der Akademie
e dieser Aufgabe genügende Formel für die Temperaturen
n — 20° C. bis + 220° C. mitgetheilt, und wir erfahren
r zugleich, dafs die Formel heifst:

$$\text{Log. } f_t = a - a_1\, \alpha_1^{\,20+t} - a_2\, \alpha_2^{\,20+t},$$

erin bezeichnet f_t das Maximum der Spannkraft des Dampfes
der Temperatur t in Centesimalgraden des corrigirten Ther-
meters in Millimetern der Quecksilbersäule des Barometers
0° Temperatur. Ferner ist

$$a = 5{,}96131330259$$
$$\text{Log. } a_1 = 0{,}82340688193 - 1$$
$$\text{Log. } a_2 = 0{,}74110951837$$
$$\text{Log. } \alpha_1 = -\,0{,}01309734295$$
$$\text{Log. } \alpha_2 = -\,0{,}00212510583$$

e Bestimmung der Coefficienten soll nicht mehr als 4 be-
chtete Werthe, 2 unter und 2 über 100° C. bedurft haben;
lefs bemerkt Biot zugleich in einer Anmerkung, dafs er zu-
t die Constanten bestimmt, dann durch Vergleichung mit den
obachtungen dieselben stets mehr annähernd verbessert habe.

Wir müssen uns vorerst mit diesen kurzen Andeutungen
gnügen, und erwarten, dafs sowohl Gay-Lussac seine neuen
obachtungen, als auch Biot das Detail seiner Berechnungen
ttheilt. Beiläufig möge hier noch bemerkt werden, dafs John
ott Russel[2] die verschiedenen, ihm bekannten Formeln
er die Elasticitäten der Dämpfe zusammengestellt hat und

---

1 Nach der Mayer'schen Formel läfst sich die Berechnung, so
it man will, fortsetzen; ob aber die gefundenen Werthe dann auch
htig sind, das läfst sich nicht entscheiden, so lange die Theorie
ch nicht absolut sicher begründet ist.

2 Edinb. Philos. Trans. 1838. L'Institut 1839. 7me Ann. N. 299.

ed by Google

hierdurch zu der Ueberzeugung gelangt ist, dafs die Erfahrungen mit DALTON's Hypothese sehr wohl übereinstimmen.

544) Ehe die französischen Versuche bekannt waren, gleichzeitig mit der Anstellung derselben, unternahm SCHMIDT[1], das Verhalten des Wasserdampfes im Allgemeinen unter bestimmte Gesetze zu bringen. Hierbei legt er diejenigen Sätze zum Grunde, die er über die Ausdehnung der Körper von jeglicher Aggregatform aufgestellt hat (§. 471), und untersucht dann zuerst die Dichtigkeit des Wasserdampfes, dann die Elasticität desselben, und zwar sowohl die specifische, als auch die absolute. Unter der ersteren versteht er diejenige, welche der Dampf von gegebener Dichtigkeit zeigt, wenn er durch Wärme ausgedehnt wird; allein es liegt in der Natur der Sache, dafs sich die Dichtigkeit mit dem Wechsel der Temperatur ändert, hiernach also seine Elasticität stets eine verschiedene seyn mufs, je nach den Wärmegraden, wovon man ausgeht. Nimmt man die Dichtigkeit desselben beim Siedepuncte als Einheit, so ist (§. 471) für jeden andern Wärmegrad der Centesimalscale die *specifische Elasticität:*

$$e = (1+\mu)^{x-X} = \frac{(1+\mu)^x}{1{,}375}, \text{ und}$$

$$\text{Log. } e = x \text{ Log. } (1+\mu) - \text{Log. } 1{,}375.$$

Es soll aber nach den bekannten Bestimmungen der Ausdehnung der Luft durch Wärme Log. $(1+\mu) = 0{,}0017256$ seyn, und da Log. $1{,}375 = 0{,}1383027$ ist, so hat man

$$\text{Log. } e = 0{,}0017256\,x - 0{,}1383027.$$

Es scheint mir nicht geeignet, die hiernach von 100° bis 300° C. berechneten specifischen Elasticitäten des Wasserdampfes hier aufzunehmen. Im Allgemeinen ersieht man aus der Formel, dafs für eine arithmetische Reihe der Temperaturen die specifischen Elasticitäten der Dämpfe in einer geometrischen wachsen.

Die absolute Elasticität des Wasserdampfes betrachtet SCHMIDT als eine Function seiner Dichtigkeit und specifischen Elasticität, und wenn daher beide für gegebene Temperaturen über dem Siedepuncte bekannt sind, so ergeben sich hieraus die Elasticitäten von selbst. Heifst nämlich die Dichtigkeit d und die

---

1 Wiener Zeitschrift. Bd. VI. S. 257.

Digitized by Google

Zahl, Bestand und Art der seit Jahresbeginn in Betrieb gesetzten Dampfer und Motorschiffe.

Nach Angaben des Germanischen Lloyd in Berlin.

Art	Zahl	Netto-Register-Tonnen	Brutto-Register-Tonnen	Tragfähigkeit in Tonnen	Indizierte Pferdestärken
Dampfer	1	1	1	1	1
Motorschiffe	1	1	1	1	1

Bestand der Handelsflotte des Deutschen Reichs am 1. Januar 1909.

Nach Angaben des Germanischen Lloyd in Berlin.

Art	Zahl	Netto-Register-Tonnen	Brutto-Register-Tonnen	Tragfähigkeit in Tonnen	Indizierte Pferdestärken
Dampfer	1	1	1	1	1
Motorschiffe	1	1	1	1	1

Für wenige Atmosphären ist die Uebereinstimmung mit den Resultaten der Versuche hinlänglich genau, mit steigender Temperatur aber wachsen die Abweichungen so sehr, dafs die Formel danach ihre Brauchbarkeit für die praktische Anwendung verlieren mufs, denn nach ihr eilen die Temperaturen noch mehr voraus, als nach der von Arzberger, die aus dieser Ursache von den Mitgliedern der Pariser Akademie verworfen wurde. Eine Vergleichung macht dieses anschaulich. Nach den Pariser Beobachtungen gehören zu 200° C. 14,91 Atmosphären, nach der Formel aber nur 12,9794, so dafs der Unterschied fast 2 Amosphären beträgt.

545) Für die Messung der Elasticität des Dampfes bei niederen Temperaturen ist in den neuesten Zeiten auf experimentalem Wege gar nichts geschehn[1], und es ist daher um so nöthiger, hier noch einen Apparat namhaft zu machen, welchen Prechtl[2] für diesen Zweck höchst sinnreich construirt hat. Es wird genügen, denselben nur nach seinen wesentlichsten Elementen anzudeuten, weil das Einzelne dann verschiedener Modificationen fähig ist. Der Haupttheil besteht aus einer etwa zwei Linien weiten Glasröhre, welche in ihrer Mitte so umgebogen ist, dafs ihre beiden Schenkel in einem Abstande von 1 bis 2 Zoll von einander parallel in die Höhe gehen. Der eine Schenkel derselben wird wie eine Barometerröhre zugeblasen, der andere in eine feine Spitze ausgezogen; dann wird so viel Quecksilber hineingebracht, als erforderlich ist, den einen Schenkel und die Krümmung auszufüllen, und dieses wird so ausgekocht, wie es bei Barometern üblich ist. Hierauf bringt man in den andern Schenkel eine hinlängliche Quantität Wasser, die nicht zu gering seyn darf, läfst dieses so lange sieden, bis kein tropfbarflüssiges Wasser mehr vorhanden ist, die Dämpfe aber sämmtlich aus der Spitze entwichen sind, und bläst diese an der Lampe zu, damit auch dieser Schenkel völlig luftleer werde. Diese so zubereitete und vertical aufgestellte Röhre mufs nun nach zwei Quecksilbersäulen zeigen, deren eine um so viel kürzer ist, als die der jederzeitigen Wärme proportionale Elasticität des Wasserdampfes beträgt. Immerhin wird es am besten seyn

Fig. 80.

---

1 Dieses gilt nur, insofern die §. 543 erwähnten Messungen von Gay-Lussac noch nicht bekannt geworden sind.

2 Wiener Zeitschrift. Bd. I. S. 333.

d by Google

s so wenig Wasser als möglich in dem einen Schenkel bleibe,
n in diesem Falle zeigt sich bei verminderter Tempe-
ur blofs ein geringer, an den inneren Wandungen desselben
tender Niederschlag; ist aber mehr darin zurückgeblieben, so
let sich ein kleiner Wassercylinder auf der Oberfläche, des-
Druck bei den künftigen Messungen corrigirt werden mufs.
gleich dieses mühsam ist, so scheint mir doch hierin nur
e geringe Fehlerquelle zu liegen, eine weit gröfsere dagegen
in dem Einflusse zu suchen, welchen die Feuchtigkeit im
ern des einen Schenkels auf die Capillarität ausübt. Auf
che Weise dieser Fehler zu finden und zu corrigiren sey,
schwer anzugeben, da hierüber keine genügenden, obendrein
eigenthümliche, sehr bedingend einwirkende Beschaffenheit
gewählten Glases einschliefsenden Erfahrungen vorhanden sind.
Ermangelung eines besseren Vorschlages möchte ich rathen,
gekrümmte Röhre, so lange beide Schenkel noch offen sind,
etwas Quecksilber zu füllen, den einen Schenkel inwendig
befeuchten und den Einflufs, welchen dieses auf die Capil-
tät hat, aus längere Zeit fortgesetzten Messungen zu ermitteln.
lte sich die Capillarität in dem einen Schenkel nach dem
kochen ändern, so liefse sich dieser Unterschied aus der
und nach dem Auskochen genau gemessenen Krümmung
Quecksilberoberfläche vielleicht annähernd berechnen [1], wo-
ein etwas gröfserer Aufwand von Zeit und Mühe nicht in
rachtung kommt, weil die einmal gefundene Gröfse, als con-
ter Fehler, bei allen künftigen Beobachtungen blofs eine
fache Addition oder Subtraction erfordern würde. Nach
RCHTL sollen die Schenkel der Röhre nur etwa 12 Zoll Länge
en, und dieses genügt, um die Elasticität des Wasserdampfes
mittleren Temperaturen zu messen; es liegt indefs nicht
ser dem Bereiche der Möglichkeit, ja es ist sogar nicht ein-
sehr grofsen Schwierigkeiten unterworfen, diese Messungen
ch künstliche Erwärmungsmittel bis zum Siedepuncte des
ssers auszudehnen, wobei der Apparat noch den grofsen
theil gewährt, dafs sich mit demselben die Elasticität des
sserdampfes bis zu den tiefsten Graden der natürlichen Kälte
sen läfst, wenn die Menge des im einen Schenkel befind-
nen Wassers nicht genügt, um einen am Rande festsitzenden

1 Vergl, Art. *Meteorologie.* Bd. VI. S. 1838.

Digitized by Google

Eisring zu bilden, oder dieser sich durch die Oscillationen der Quecksilbersäule losstofsen läfst. Mit diesem Instrumente liefse sich dann auch eine Vermuthung Biot's[1] prüfen, wofür die bisherigen Messungen nicht hinreichen (§. 543). Dieser Gelehrte glaubte nämlich gefunden zu haben, dafs gegen 0° C. Temperatur, in Folge der eintretenden Erstarrung des Wassers, eine kleine, aber doch merkliche, Aenderung der Elasticität des Dampfes eintrete, eine Erscheinung, die einer andern bekannten analog seyn würde, wonach etwas Salz, zum Wasser hinzugesetzt, die Spannkraft des gebildeten Dampfes vermindert (§. 526).

Dafs die angegebene zweischenklige Röhre so aufgerichtet stehn müsse, um den Unterschied der Höhen beider Quecksilbersäulen nach einer genau horizontalen Ebene scharf zu messen, versteht sich von selbst. Prechtl beschreibt eine hierzu geeignete Vorrichtung, wie die Röhre montirt seyn müsse, um den Unterschied der Höhen scharf zu messen, allein ich übergehe dieses, weil dem geübten Physiker, für welchen diese Apparate allein bestimmt seyn können, die verschiedenen Mittel, dieses zu erreichen, hinlänglich bekannt sind. Dahin gehört die hier genannte Mikrometerschraube, man könnte aber auch ein auf Glas geätztes Mikrometer anwenden und dieses mit Fernrohr, Loupe oder Mikroskop u. s. w. verbinden, endlich aber zur Correction einer möglichen Abweichung der zum Messen dienenden Linie die Röhre so montiren, dafs sie sich um ihre verticale Axe drehen liefse. Sehr wesentlich ist, für eine hinlänglich lange Zeit constante Temperatur und deren genaue Messung Sorge zu tragen. Das Erstere läfst sich nur durch eine anhaltend unveränderliche Wärme der Umgebung erreichen, für Letzteres schlägt Prechtl ein empfindliches Thermometer mit langem Cylinder vor, um die den Röhren in ihrer beträchtlichen Länge eigenthümliche Temperatur zu messen, und die ganzen Grade dieses Thermometers müfsten dann wieder zur Erreichung gröfserer Schärfe in mehrere Theile getheilt seyn[2]. Endlich bemerkt Prechtl mit Recht, dafs der Apparat sehr

---

1 Compt. rend. T. VI. p. 389. Poggendorff's Ann. XLIV. 627.

2 Der Apparat gewinnt an Brauchbarkeit dadurch, dafs er eine weit getriebene Schärfe der Messungen gar nicht erfordert, sobald nur der Einfluss der Capillarität corrigirt, für lothrechten Stand und ein richtiges Thermometer gesorgt worden ist. Alles andere läfst sich durch die so leicht mögliche Vervielfältigung der Beobachtungen erreichen.

Digitized by Google

;net sey, dem Dilettanten die mit der wachsenden Tempe- zunehmende Elasticität des Wasserdampfes anschaulich achen. Uebrigens liefsen sich auch die Spannungen der pfe sonstiger Flüssigkeiten mit ähnlichen Apparaten messen, zu bemerken kaum nöthig ist.

546) Behalten wir die im Art. *Dampf* gewählte Ordnung so würde erfordert werden, die neueren Untersuchungen die Elasticität des *Alkoholdampfes* hier anzureihen; allein ind mir keine Messungen derselben bekannt geworden, au- dafs GAY-LUSSAC (§. 543) versichert, er habe solche hfalls angestellt, worauf dann BIOT versuchte, seine For- für die Elasticitäten des Wasserdampfes auch diesen an- ssen, was mit genügendem Erfolge geschehn seyn soll. diese Resultate näher bekannt werden, müssen wir uns mit begnügen, was im genannten Artikel enthalten ist, wo je- (S. 359) aus Versehen die bei der Tabelle zum Grunde nde Formel fehlt. Diese heifst:

$$\text{Log. } e = 5{,}029065 + \text{Log. } (213 + t) - \frac{1666{,}7}{213 + t},$$

in e die Elasticität nach Pariser Zollen der Quecksilbersäule t die Temperaturen in Graden der achtzigtheiligen Scale ichnen. Ebenso wenig sind die früheren Versuche über Elasticität des *Schwefelätherdampfes*, des *Petroleum- pfes* und des *Terpentinspiritusdampfes* durch neuere ver- rt worden, wohl aber fand dieses beim Schwefelkohlen- statt.

547) Ueber die Elasticität des *Schwefelkohlenstoff-Dampfes* en wir eine schätzbare Untersuchung durch MARX[1] erhalten. rdings sind die früheren bereits erwähnten Messungen von PRETZ, CLUZEL, BERZELIUS und MARCET, wozu noch die mir übersehenen von CLEMENT und DESORMES[2] kommen, ieswegs von hinlänglicher Genauigkeit, um ein naturgemäfses etz darauf zu gründen, und überhaupt glaube ich aus vielen hrungen schliefsen zu müssen, dafs die Beobachtung des kens der Quecksilbersäule, wenn man in die Torricelli'sche re einige Tropfen der zu untersuchenden Flüssigkeit bringt,

1 Schweigger's Journ. LXII. 460.
2 G. XIII. 89.

Digitized by Google

nie genaue Resultate giebt[1]. Die Bestimmungen von Caignard de la Tour für sehr hohe Temperaturen, die er durch die Compression der Luft in krummgebogenen Glasröhren erhielt[2], können auf keinen hohen Grad von Genauigkeit Ansprüche machen.

Der zu diesen neuen Messungen dienende Apparat und die befolgte Methode lassen sich mit wenigen Worten deutlich machen. Marx bediente sich eines gewöhnlichen Flaschenba-
Fig. 81. rometers ab, dessen etwa 1,3 Lin. weite Röhre bis über 40 Zoll verlängert war. Nach dem bei dieser Länge beschwerlichen Auskochen wurde dieses Barometer, dessen aufwärts gebogene Flasche etwa 2 Z. hoch und 1,5 Z. weit war, auf einem mit der in Zoll und Linien getheilten Scale versehenen Brete befestigt und dieses an einem Stative lothrecht aufgehangen. Ein mit Sorgfalt angestellter Versuch, die Flasche durch einen Kork, in welchem die Thermometerröhre stecke, deren Kugel in den Schwefelkohlenstoff herabging, luftdicht zu verschliefsen, mifslang ungeachtet des Ueberbindens mit gefirnifster Leinwand und Thierblase; es blieb also kein Mittel übrig, als die Oeffnung der Flasche in eine feine Spitze auszuziehn diese beim Sieden des Schwefelkohlenstoffs zuzublasen, und das zum Messen der Temperatur dienende Thermometer neben dem Gefäfs des Barometers in das zum Erwärmen oder Erkälten dienende Wasser zu senken[3]. Zur Erwärmung der Flasche des Barometers diente ein Metallgefäfs mit Wasser, in welches die Flasche gesenkt war; dieses Gefäfs aber befand sich wieder in einem andern gröfseren, gleichfalls mit Wasser gefüllten, welches auf einem allmälig geheizten Windofen stand. Sollte die Temperatur unter die der Umgebung herabgebracht werden, so wurde

---

1 Vergl. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 341.

2 Vergl. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 280.

3 Man erhält auf diese Weise die Temperaturen ebenso genau, als wenn man das Thermometer in die Flüssigkeit selbst taucht, mufs dann aber die zum Erwärmen dienende Flüssigkeit abwechselnd erwärmen und erkälten, bis jede Veränderung seiner Temperatur, die aufserdem nicht grofs seyn darf, das Thermometer sowohl, als auch die Quecksilbersäule sinken oder steigen macht. Ist dieses einige Male erfolgt und werden dann beide stationär, so kann man von der Gleichheit der beide afficirenden Temperatur überzeugt seyn; allein das Verfahren kostet unglaublich viel Zeit.

Digitized by Google

ıs Wasser im gröfseren Gefäfse durch Schnee erkältet, für die ersuche unter dem Gefrierpuncte des Wassers aber diente eine ıltmachende Mischung in dem Gefäfse, worin sich die Flasche ıd das Thermometer befanden[1].

Die erforderlichen Correctionen waren zuerst die Capillari-t, welche nach der Vergleichung mit einem guten Heberbaro-eter 0,82 Par. Linien betrug, dann die Gefäfscorrection, elche aus einer vorläufigen Messung der Tiefe, bis zu welcher ıs Quecksilber in der Flasche sank, wenn es in der Röhre Zoll stieg, entnommen wurde. Eine dritte Correction für e Ausdehnung der Quecksilbersäule durch ungleiche Wärme ıd eine vierte für den nicht eingetauchten Theil der Ther-ometerröhre wurden weggelassen, die letztere von diesen ewifs mit Recht, weil sie zu unbedeutend und überhaupt wohl aum genau bestimmbar ist, die erstere aber war, wie Marx lbst bemerkte, sicher nicht ohne merkbaren Einfluſs[2]. Bei en beiden Versuchsreihen, deren eine die aufsteigende, die ıdere die absteigende heifsen kann, wurde für je halbe Grade ach R. die Höhe der Quecksilbersäule abgelesen, und zwar on 7° R. an bis 47°,5, worauf dann das aus beiden entnom-ıene Mittel als Grundlage der Berechnung diente, die nach der layer'schen Formel angestellt wurde. Diese heifst bekanntlich

$$\text{Log. } e = A + \text{Log. } (213 + t) - \frac{B}{213 + t},$$

---

1 Leider sind diese, bis — 7° R. herabgehenden Versuche etwas ereilt worden, denn sie dauerten nur eine halbe Stunde, und es konnten ıher das Thermometer und die Flasche nicht gleiche Temperaturen ınehmen. Da genaue Messungen der Elasticitäten des Dampfes bei efen Thermometergraden von grofser Wichtigkeit sind, so bemerken r, dafs die kaltmachende Mischung nicht in das innere Gefäfs ge-acht werden mufste, vielmehr wäre es ein Leichtes gewesen, dieses it Weingeist zu füllen, im äufseren aber die kaltmachende Mischung bereiten, die von Zeit zu Zeit erneuert werden konnte.

2 Marx bemerkt, dafs diese Correction bei früheren Versuchen, ich den meinigen über die Elasticität der Dämpfe des Schwefeläthers . oben Bd. II. S. 367), weggelassen worden sey. Allerdings war man früher ierin nicht so genau, und ich selbst corrigirte bei den erwähnten ersuchen falsch, indem ich die mittlere Wärme zwischen der der lasche des Barometers und der der äufseren Umgebung nahm. Kennt an die Wärme der beiden Enden einer Säule, so läfst sich nach . 294 die Temperatur der ganzen hinlänglich genau finden.

Digitized by Google

worin e die Elasticität in Par. Linien, t die Grade des Thermometers nach R. und A nebst B zu bestimmende Constante bezeichnen. Letztere ergaben sich in genäherten Werthen aus zwei ziemlich weit von einander liegenden Messungen bei 15°, und 40°, indem diese in die Formel substituirt wurden. Hiernach ist

$$\text{Log. } 126{,}5 = A + \text{Log. } 228{,}5 - \frac{B}{228{,}5},$$

$$\text{Log. } 367{,}0 = A + \text{Log. } 253{,}0 - \frac{B}{253{,}0}$$

und also A = 4,06380; B = 987,25. Durch eine schärfere Berechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate wurden indefs die Coefficienten näher bestimmt und gaben dann die Formel

$$\text{Log. } e = 4{,}0653887 + \text{Log. } (213 + t) - \frac{987{,}5164}{213 + t}.$$

Zur Auffindung der Formel wurden blofs die Beobachtungen von 7° R. bis 47°,5 genommen, weil die tiefer liegenden aus angegebenen Gründen zu wenig genau zu seyn schienen. Die nachstehende Tabelle enthält die beobachteten und die berechneten Elasticitäten in Pariser Linien und die ihnen zugehörigen Temperaturen nach der achtzigtheiligen Scale. Die Unterschiede ergeben sich hiernach von selbst.

Temperat.	Elasticitäten beobacht.	berechn.	Temperat.	Elasticitäten beobacht.	berechn.
— 7° R.	32,00 P.L.	38,60 P.L.	10° R.	96,62 P.L.	96,67 P.L.
— 6	38,00	40,81	11	101,12	101,41
— 5	39,00	43,23	12	106,75	106,80
— 4	40,36	45,78	13	111,75	112,18
— 3	44,00	48,43	14	117,79	117,80
— 2	48,60	51,22	15	123,50	123,61
— 1	55,50	54,15	16	129,37	129,72
0	58,50	58,41	17	135,75	136,01
1	60,25	60,42	18	142,25	142,56
2	63,30	63,79	19	148,81	149,40
3	65,10	65,76	20	156,25	156,43
4	71,00	70,95	21	163,52	163,75
5	75,00	74,81	22	171,29	171,17
6	78,00	78,80	23	179,12	176,36
7	83,24	82,99	24	187,62	187,70
8	87,50	87,37	25	196,37	196,24
9	91,62	91,92	26	205,12	205,08

Digitized by Google

mpe- at.	Elasticitäten beobacht.	berechn.	Tempe- rat.	Elasticitäten beobacht.	berechn.
27° R.	213,75 P.L.	213,77 P.L.	38° R.	339,12 P.L.	339,20 P.L.
28	224,37	223,79	39	354,87	353,17
29	233,35	233,62	40	367,62	367,56
30	243,13	243,94	41	382,37	382,24
31	253,88	254,47	42	396,86	397,41
32	264,37	265,41	43	414,62	413,20
33	275,87	276,75	44	431,20	429,10
34	287,37	288,45	45	447,00	446,05
35	299,87	300,38	46	462,12	463,38
36	312,12	313,06	47	482,00	481,09
37	325,62	326,02	47,5	494,00	490,18

548) Zur Ermittelung der Elasticität des *Quecksilberdam-*
ps unter dem Siedepuncte dieses Metalles hat Avogadro[1]
e Reihe von Versuchen angestellt, die zwar nicht in jeder
nsicht vollkommen, aber doch insofern sehr schätzbar sind,
sie eine wesentliche Lücke in diesem Gebiete der Wissen-
aft ausfüllen und ihre Resultate sich an andere bereits aus-
nachte Thatsachen anknüpfen lassen. Hierbei geht Avoga-
o von dem bekannten Satze aus, dafs das Quecksilber bei
)° des Quecksilberthermometers oder bei 350° des Luftther-
meters[2] siede und seine Dämpfe dann also eine Spannung
ich dem atmosphärischen Drucke oder einer Quecksilbersäule
n 0,76 Meter haben. Ebenso ist wohl erwiesen, dafs die
ämpfe des Quecksilbers bis zu 100° C. noch keine merkliche
asticität ausüben, und die Messungen konnten daher erst mit
ser Temperatur beginnen.

---

1 Mém. de l'Acad. de Turin. T. XXXVI. Ann. de Chim. et Phys. XLIX. p. 369. Poggendorff's Ann. XXVII. 60.

2 Avogadro redet in Beziehung auf diesen Unterschied stets nur n einer wegen *ungleicher Ausdehnung des Glases* erforderlichen Cor- tion; allein diese ist vorzugsweise wegen der ungleichen, mit den mperaturen wachsenden Ausdehnung des Quecksilbers erforderlich, d müfste sogar additiv seyn, wenn sie sich auf die Ausdehnung des ases allein bezöge, statt dafs sie subtractiv ist. Heifsen nämlich gemessenen Grade des Quecksilberthermometers T, die corrigir- T′, der Coefficient der kubischen Ausdehnung des Quecksilbers k, s Glases k′, so wäre

$$T' = T\,(1 - k + k').$$

e Ausdehnung des Glases war übrigens in den durch Dulong und Petit fund. Resultaten schon mit begriffen. S. Art. *Ausdehnung*. Bd. I. S. 599.

Auf die gewöhnliche Weise mit Dampf im luftleeren Raume zu experimentiren war wegen der erforderlichen hohen Temperatur nicht möglich, und es blieb daher nur das Mittel übrig, den erzeugten Quecksilberdampf mit Luft zu verbinden und nach Abzug des Druckes der letzteren den des ersteren aus der gemessenen Gröfse des gemeinschaftlichen Druckes zu ermitteln. Der gebrauchte Apparat bestand aus einem umgekehrten Heber, dessen einer längerer Schenkel offen, der andere kürzere aber mit einer Kugel versehn war. In demselben befand sich Quecksilber, welches die Kugel so weit füllte, dafs auch bei der Ausdehnung der Luft durch Wärme die Luft und die mit ihr vereinten Quecksilberdämpfe nicht völlig aus der Kugel getrieben wurden, und es blieb vielmehr stets eine hinlänglich grofse Oberfläche des Quecksilbers, um die über ihr befindliche Luft völlig mit Quecksilberdampf zu sättigen. Vor allem mufste daher zuvor ausgemittelt werden, um wie viel die durch Wärme ausgedehnte Luft vor der Aufnahme der Quecksilberdämpfe, also bis zum Siedepuncte des Wassers erhitzt, das Quecksilber in der längeren, mit einer feinen Scale versehenen Röhre in die Höhe trieb, um hieraus, mit Rücksicht auf den wachsenden Druck der verlängerten Quecksilbersäule und das Sinken des Quecksilberniveaus in der Kugel, die Wirkung der Luft für sich allein zu finden. Dafs die in der Kugel befindliche Luft durch salzsauren Kalk gehörig ausgetrocknet und das Quecksilber vor dem Einbringen durch gehöriges Erhitzen von aller Feuchtigkeit befreiet worden war, darf kaum bemerkt werden. Der Apparat wurde daher in siedendes Wasser getaucht, die Höhe, bis zu welcher das Quecksilber in der längeren Röhre getrieben worden war, gemessen, und somit nach den erforderlichen Correctionen die Wirkung der Luft für sich allein bestimmt. Die Erwärmung für die höheren Grade geschah durch Eintauchen des ganzen Apparates bis über die Kugel in Olivenöl, ein zugleich in dieses eingesenktes Thermometer gab die Temperatur an, und indem die Hitze dieses Oelbades bis 300° C. stieg, wurde die Höhe der Quecksilbersäule im offenen Schenkel der Röhre an einer messingnen Scale gemessen und aufgezeichnet; die so erhaltenen Bestimmungen bildeten also eine aufsteigende Reihe. Nachdem die angegebene Höhe erreicht war, erkaltete der Apparat; die den Thermometergraden zugehörenden Höhen der Quecksilbersäule wurden gleichfalls aufge-

Digitized by Google

:hnet, dieses gab eine absteigende Reihe, und die Vereini- g beider zu einem Mittelwerthe sollte dazu dienen, die un- che Erwärmung des Thermometers und der Kugel aufzu- en[1]. Von der beobachteten Expansion mufste die der Luft in abgezogen werden, dann war eine Correction für die längerung der Quecksilbersäule durch Wärme und eine ite für den durch die verlängerte Quecksilbersäule vermehr- Druck auf die in der Kugel enthaltenen expansiblen Flüs- keiten erforderlich.

Uebergehn wir die Angabe der einzelnen, hierzu erfor- lichen Berechnungen, so ergaben sich aus den gemessenen fsen folgende Resultate. Bezeichnet L die Länge der durch vereinte Wirkung der Luft und des Dampfes gehobenen ecksilbersäule, l die Wirkung der Luft für sich allein, so L — l die der Elasticität der Quecksilberdämpfe allein zu- nmende Gröfse. Heifst dann P der gesammte Druck der tischen Flüssigkeiten, p der des Quecksilberdampfes allein, giebt folgende Proportion:

$$L : L - l = P : p$$

Gleichung

$$p = \frac{(L-l).P}{L} = P\left(1 - \frac{l}{L}\right).$$

Versuche gaben folgende Werthe für p in Millimetern, nn t Centesimalgrade bezeichnet:

= 230; 240; 250; 260; 270; 280; 290.
= 58,01; 80,02; 105,88; 133,62; 165,22; 207,59; 252,51.

300° war die Elasticität 309,40; allein da dieses Resultat ht durch zwei Beobachtungen, eine bei steigender und eine lere bei abnehmender Temperatur, gefunden worden ist, so wird hier weggelassen. Bei Temperaturen unter 230° C. zeigte sich Spannung des Quecksilberdampfes so gering, dafs keine here Bestimmung zu erhalten war.

549) Die nächste Aufgabe war, für diese Elasticitäten des ecksilberdampfes, sowohl die hier angegebenen, als auch die

---

1 Wie im vorigen §. angegeben wurde, genügt dieses Verfahren dem beabsichtigten Zwecke nicht, sondern man mufs sich der gwierigen Mühe unterziehn, durch stets abnehmende Schwankungen der Mefsapparate die völlige Coincidenz zu erhalten.

Digitized by Google

dem Siedepuncte desselben zugehörige, eine empirische Formel aufzufinden. Avogadro wählt hierzu die bekannte:

$$e = (1 + a\,t)^m,$$

worin e das Maximum der Spannkraft gegen die als Einheit angenommene der atmosphärischen Luft (= 0,76 Meter Quecksilberhöhe); t die Temperatur von der des siedenden Wassers an; a und m durch Versuche zu bestimmende Constanten bezeichnen. Werden letztere durch die beiden Extreme, für 230° und 290° bestimmt, und nimmt man ein Temperaturintervall von 100 Graden C. zur Einheit, so wird a = 0,4548 und m = 2,875. Die beobachteten und berechneten Werthe stimmen hiernach nahe genug überein, allein die Formel

$$e = (1 + 0{,}4548 \,.\, t)^{2{,}875}$$

giebt $e = 0$ für $t = -\frac{1}{0{,}4548}$, also für etwa — 2,2... oder für etwa 220° unter dem Siedepuncte des Quecksilbers, also für 140° C. über dem Gefrierpuncte des Wassers, und doch zeigen Faraday's Versuche[1], dafs sich bei weit niedrigeren Temperaturen Quecksilberdampf bildet, welcher nothwendig einige, wenn auch nur eine geringe Elasticität haben mufs. Dieses Hindernifs wird beseitigt, wenn man Laplace's Formel mit der ihr durch Biot gegebenen Erweiterung[2] wählt. Bezeichnet A die Spannkraft der Flüssigkeit für die Siedehitze, so ist der allgemeine Ausdruck:

$$e = A \,.\, \alpha^t + \beta\, t^2 + \gamma\, t^3 + \ldots.$$

oder

$$\text{Log.}\, e = \text{Log.}\, A + (t + \beta\, t^2 + \gamma\, t^3 + \ldots)\ \text{Log.}\, \alpha$$

und einfacher

$$\text{Log.}\, e = \text{Log.}\, A + \alpha t + \beta\, t^2 + \gamma\, t^3 + \ldots,$$

die man auf so viele Glieder ausdehnen kann, als nöthig scheint. Avogadro nimmt als Einheit der Elasticität den atmosphärischen Druck von 0,76 Meter, das Intervall der Temperatur = 100° und, um den Zeichenwechsel der verschiedenen Potenzen von t zu vermeiden, t für Temperaturen unter 100° C. positiv. Da aber Log. 1 = 0 ist, so wird die Formel:

---

1 S. Art. *Verdunstung*. Bd. IX. S. 1722.

2 S. Art. *Dampf*. Bd. I. S. 341 u. 329.

Digitized by Google

$$\text{Log.}\, e = a\,t + b\,t^2 + c\,t^3,$$

eil 3 Glieder völlig genügen. Statt alle 7 gefundenen Werthe ır Bestimmung der Coefficienten zu benutzen, werden hierzu ır die beiden äufsersten Beobachtungen und die für 260° be- ıtzt, durch deren Combination die Constanten folgende Wer- e erhalten:

$$\text{Log.}\, e = -\,0{,}64637\,t + 0{,}075956\,t^2 - 0{,}18452\,t^3.$$

ie hiernach berechneten Werthe weichen nur um 1 bis 2 Milli- eter von den beobachteten ab, was als Beobachtungsfehler lten kann. Die Formel giebt keinen Werth der Elasticität : 0, auch kein Minimum derselben, denn die Gleichung für s Minimum:

$$0 = -\,0{,}64637 + 0{,}075956 \cdot 2\,t - 0{,}18452 \cdot 3\,t^2$$

ebt für t einen unmöglichen Werth. Für den Schmelzpunct s Eises erhält man

$= 0{,}000000000011208$ Atmosph. $= 0{,}00000008518$ Millim.,

elche Gröfse sich offenbar nicht messen läfst. Ebenso ergiebt ch die Spannkraft des Quecksilberdampfes bei der Siedehitze s Wassers:

$e = 0{,}00003889$ Atmosph. $= 0{,}02944$ Millim.

ıd diese geringe Gröfse zeigt daher, dafs die Elasticitäten der uecksilberdämpfe bis zu dieser Temperatur gar keinen Ein- ıfs äufsern, also namentlich auch das *Barometer* nicht affi- :en können[1].

In der Formel beträgt das durch t bezeichnete Intervall der emperatur 100 Centesimalgrade; wollte man sie aber für ein- lne Grade umwandeln, so dürfte man nur die Coefficienten it 100 und dessen Potenzen dividiren, und erhielte dann:

$$\text{Log.}\, e = -\,0{,}0064637 \cdot t + 0{,}0000075956 \cdot t^2 - 0{,}00000018452 \cdot t^3,$$

e Grade der Temperatur gleichfalls vom Siedepuncte des uecksilbers oder von 360° C. an positiv genommen. Ue- igens mufs noch bemerkt werden, dafs hierbei stets von Gra- n des Quecksilberthermometers die Rede ist. Avogadro igt, wie man die Formel auch für das corrigirte oder das ıftthermometer abändern könne, allein es ist leichter, die ge-

1 Vergl. Art. *Meteorologie*. Bd. VI. S. 1852.

messenen Grade nach der oben[1] gegebenen Tabelle zu corrigiren. Die folgende Tabelle enthält die den Temperaturen zugehörenden Elasticitäten bis zum Siedepuncte des Quecksilbers, oder bis 360° des uncorrigirten Thermometers, wofür die Spannung 1 Atmosphäre oder 760 Millim. beträgt.

	Elasticitäten			Elasticitäten	
Temperat.	Atmosph.	Millim.	Temperat.	Atmosph.	Millim.
100° C.	0,00004	0,03	230° C.	0,07633	58,01
110	0,00009	0,07	240	0,10349	78,65
120	0,00022	0,16	250	0,13655	103,78
130	0,00047	0,35	260	0,17582	133,62
140	0,00096	0,73	270	0,22145	168,30
150	0,00188	1,43	280	0,27355	207,90
160	0,00343	2,61	290	0,33225	252,51
170	0,00603	4,58	300	0,39780	302,33
180	0,01015	7,71	310	0,47073	357,75
190	0,01638	12,45	320	0,55181	419,38
200	0,02539	19,30	330	0,64261	488,38
210	0,03790	28,80	340	0,74523	566,37
220	0,05466	41,54	350	0,86286	655,77

550) Die Elasticitäten einiger Dämpfe werden mitunter gelegentlich und meistens nur in genäherten Bestimmungen bei der Angabe ihrer Dichtigkeiten erwähnt, allein es scheint mir nicht geeignet, hier weiter auf diese Angaben einzugehen. Ebenso findet ein gewisses Verhältnifs zwischen den Dichtigkeiten und den Elasticitäten der Dämpfe statt, so dafs sich die letzteren aus den ersteren ableiten liefsen, wenn es der Mühe werth wäre, dieses Problem zum Gegenstande weiterer Untersuchungen zu machen. Manche Körper, namentlich Metalle, verdampfen allerdings in sehr grofser Hitze, allein es dürfte sobald nicht möglich seyn, weder die Elasticität, noch auch die Dichtigkeit dieser Dämpfe, ja sogar nur die Temperatur der beginnenden Verdampfung mit einiger Sicherheit zu bestimmen. Aufser dem, was schon früher hierüber bekannt war, ist neuerdings auch die bisher bezweifelte Verdampfbarkeit des *Titans* in der Hitze der Schmelzöfen durch Zincken factisch

1 S. Art. *Thermometer*. Bd. IX. S. 959.

iesen worden[1]. Uebrigens zeigen sich auch hierbei merkwür- Gesetze. So fand FOURNET[2] durch eigens angestellte Ver- ıe, dafs reines Blei in starker Weifsglühhitze bedeutend ver- pft, Bleioxyd und Bleierz dagegen nicht; doch dürfte wohl Körper vorhanden seyn, welcher der Einwirkung einer gesteigerten Hitze des Knallgasgebläses zu widerstehn ver- hte. FOURNET's Versuche über die Verdampfung der Al- en bieten gleichfalls viel Interessantes dar, auch hat JEFFRY Mittel aufgefunden, die Metalldämpfe bei den Hohöfen zu densiren[3], was jedoch alles hier nur im Vorbeigehn berührt den kann. Endlich ist auch wiederholt bemerkt worden, sich keine scharfe Grenze zwischen den Dämpfen und en ziehn läfst[4], und zwar aus dem Grunde, weil eine fse Zahl der letzteren durch vermehrten Druck und vermin- e Temperatur bereits *tropfbar-flüssig* gemacht wurde, wor- eine Aehnlichkeit derselben mit den Dämpfen unverkenn- hervorgeht. Die hierüber früher bekannten, bereits erwähn- Versuche von FARADAY sind durch spätere von NIEMANN[6] ıt unbedeutend vermehrt worden, welcher für die nämlichen e sehr ähnliche Werthe erhielt, als FARADAY, und aufser- noch einige andere bestimmte. Die von ihm gefundenen ultate des Ueberganges ausder Gasform in die Form der tropf- en Flüssigkeit unter den angegebenen Pressungen in Atmo- ären und bei Temperaturen nach der hunderttheiligen Scale hält folgende Tabelle.

---

1 Poggendorff's Ann. XXVIII. 160.
2 L'Institut. 1834. N. 49. Ann. de Chim. et Phys. T. LV. 12.
3 Dingler's polyt. Journ. Th. XVIII. S. 19.
4 Vergl. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 279 u. §. 569.
5 S. Art. *Gas.* Bd. IV. S. 1020.
6 Brandes Archiv. Th. XXXVI. S. 175. Fechner Repertorium. I. S. 180.

Digitized by Google

	Temper.	Druck
Ammoniak	12°,5 C.	6,5 bis 7
Chlorgas	12,5	8,5
	0,0	6,5
Euchlor	15,0	8,75
Chlorige Säure . . .	12,5	60,0
Salzsaures Gas	12,5	40,0
	0,0	33,0
Schwefligsaures Gas . .	12,5	3 ungefähr
Schwefelwasserstoffsäure	12,5	58,0
	0,0	54,0
Kohlensäure	0,0	40,0
	12,5	58 bis 60
Cyan	12,5	4

551) Wenden wir uns zu den Untersuchungen über die Dichtigkeit der Dämpfe und zwar zunächst des Wasserdampfes[1], so ist hierüber allerdings noch Einiges nachzutragen. Die wichtigsten früheren Messungen, die von Gay-Lussac und meine eigenen, gaben für das Verhältnifs zwischen Dampf und Luft bei gleicher Temperatur und unter gleichem Drucke jene 10:16, diese 10:15,2242, so nahe übereinstimmend, dafs man seitdem die erste Bestimmung, theils wegen der überwiegenden Autorität, theils wegen der grofsen Bequemlichkeit der Rechnung, allgemein angenommen hat. Bedeutend kann dieselbe von der Wahrheit nicht abweichen, denn sonst müfste sich dieses bei den zahlreichen Anwendungen, die man seitdem von dieser Gröfse gemacht hat, schon herausgestellt haben, und wollte man auch einen Zweifel darauf gründen, dafs ein Verhalten in der Natur schwerlich auf so einfache Zahlenbestimmungen zurückzuführen sey, so könnte man doch nicht wohl anders, als das Mittel aus den beiden Bestimmungen nehmen, was dann das wenig abweichende Verhältnifs 10:15,60 geben würde. Liegt nun zwar die Wahrscheinlichkeit der gröfseren Genauigkeit wegen der angewandten Methode auf der Seite meiner eigenen Versuche, so wird man sich doch von der Wahrheit nicht merklich entfernen, wenn man die bequemere

1 S. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 871.

Digitized by Google

immung von Gay-Lussac beim praktischen Gebrauche in
rendung bringt. Aus meinen Versuchen geht gleichfalls
or, dafs die Dichtigkeit des Wasserdampfes bei der näm-
en Temperatur im luftleeren und im lufterfüllten Raume
elbe ist, jedoch scheint sie im letzteren etwas gröfser zu
, wie denn auch zweierlei Dämpfe in demselben luftleeren
lufterfüllten Raume neben einander bestehn können und
, wie es scheint, etwas zusammenziehn[1], analog der fast
emeinen Erscheinung, dafs alle Verbindungen eine etwas
sere Dichtigkeit haben, als die der halben Summe beider.
en bestehenden Gesetzen wollen wir dasjenige anreihen, was
lem in diesem Gebiete hinzugekommen ist.

Anderson[2] liefs eine grofse Menge Luft, die mit Was-
ampf gesättigt war, in einem langsamen Strome durch
wefelsäure oder salzsauren Kalk strömen und suchte dann
Gewichtszunahme dieser austrocknenden Substanzen. Durch
i verschiedenen Temperaturen angestellte Versuche fand er
Gewicht eines Kubikfufses Dampf bei 9°,45 C. = 4,085
l. Grains; bei 15° C. = 5,679 Gr.; bei 25° C. = 9,828
und bei 28°,33 C. = 11,66 Grains. Im Mittel aus diesen
Bestimmungen ist das Verhältnifs der Dichtigkeit des Dam-
zu der der Luft sehr nahe = 10:16.

Die Bestimmung der Dichtigkeit des Wasserdampfes kommt
ugsweise bei hygrometrischen Untersuchungen in Betrach-
;[3]. Ist nämlich die Dichtigkeit des Dampfes im Maximum
unter der Bedingung bekannt, dafs in dem gegebenen
me so viel Wasser in Dampfgestalt vorhanden ist, als die
ehende Temperatur gestattet, und zeigt das Hygrometer
Grad dieser Sättigung in Procenten von 0 bis 1, drücken
diesen Bruch durch $\frac{1}{n}$ aus und heifst die Dichtigkeit des
pfes bei dieser Temperatur im Zustande der Sättig-
D, die durch das Hygrometer bestimmte D', so ist
$= \frac{1}{n} D$, wobei $\frac{1}{n}$ von 0 bis $\frac{100}{100} = 1$ wachsen kann. Eine

---

1 Vergl. oben §. 524.
2 Edinburgh Encyclop. Art. *Hygrometry*. Daniell Meteorological
ys and Observations. Lond. 1823. T. I. p. 159.
3 Vergl. Art. *Meteorologie*. Bd. VI. S. 1986.

Digitized by Google

interessante, aber sehr weitläuftige Aufgabe würde es seyn, den Wassergehalt der atmosphärischen Luft auf irgend eine Weise genau zu messen und mit den Angaben der besseren Hygrometer, namentlich das Psychrometers, zu vergleichen, um hieraus den Grad der Genauigkeit ihrer Angaben zu ermitteln. Der hierfür von Brunner[1] angegebene Apparat würde sicher unter den Händen eines aufmerksamen und geübten Experimentators sehr genügende Resultate geben, weswegen es angemessen ist, ihn hier zu erwähnen, und zwar nur im Allgemeinen, damit ein jeder diejenigen Modificationen anzubringen vermöge, die durch statt findende Nebenbedingungen ihm angemessen erscheinen. Derselbe besteht aus einem grofsen gläsernen, mit Wasser gefüllten Behälter A, aus welchem durch ein über oder im Fig. 82. Boden desselben befindliches verschliefsbares Rohr die Flüssigkeit in ein zweites Gefäfs B abfliefsen kann. In dem Hals des ersten, oben verschlossenen Behälters befindet sich eine rechtwinklig umgebogene Röhre, deren kurzer, horizontaler Theil c f mit etwas Chlorcalcium gefüllt ist, um die aus dem Sperrwasser etwa aufsteigenden Wasserdämpfe zu absorbiren. An das äufsere horizontale Ende dieser Röhre wird mittelst eines Verbindungsstückes e f von Federharz eine mit etwas lockerem Asbest und Schwefelsäure gefüllte Röhre e d befestigt, damit dafs diese Säure, als vorzüglichstes Mittel zur Absorption des Wasserdampfes[2], die in der durchströmenden Luft enthaltene Feuchtigkeit aufnimmt. Eine Wägung der Röhre vorher und nachher giebt die Menge der in der durchströmenden Luft enthaltenen Feuchtigkeit und bei dem bekannten Gewichte des gemessenen Luftvolumens, welches in den Behälter A gedrungen ist, die Dichtigkeit desselben. Die mit Asbest versehene Glasröhre wird am zweckmäfsigsten 11 Zoll lang und 3,5 bis 4 Lin. weit gewählt; von dem Asbeste wird so viel genommen, als hinreicht, sich überall an die Wandungen anzulegen, ohne der durchströmenden Luft zu grofse Hindernisse in den Weg zu legen; er wird trocken in die Röhre gebracht, und etwa 50 bis 60 Tropfen Schwefelsäure, die man in das eine Ende der fast senkrecht gehaltenen Röhre giefst und hinab

---

1 Poggendorff's Ann. XX. 274.

2 Wohl nicht mit Unrecht zieht Brunner diese Säure dem salzsauren Kalke vor.

Digitized by Google

n läfst, befeuchtet, und wenn er sich zu sehr zusammen-
mit einem Messingdrahte wieder aufgelockert. In der
der Enden ist die Röhre etwas bauchig aufgetrieben, da-
lie ablaufende Säure, wenn ihre Menge etwas zu grofs ist,
daselbst ansammelt. Zugleich ist nicht zu übersehn, dafs
löhre, vor und nach dem Versuche, mit guten Stöpseln
besten aus einem aus Leinölfirnifs und Mennig oder Blei-
verfertigten Kitte) verschlossen, genau gewogen werden
c. Mit diesem Apparate stellte BRUNNER auch einen Ver-
an, um die Dichtigkeit des mit Luft gemengten Wasser-
fes im Zustande der Sättigung zu messen. Es gaben
2,5 Kubikcentimeter Luft bei 26,4 Zoll Barometerstand und
R. Temperatur eine Gewichtszunahme von 0,121 Gramm;
PECLET's Tabelle[1], welcher die Bestimmung von GAY-
AC zum Grunde liegt, giebt eine gleiche Menge Luft
2,5 × 0,00000946 = 0,122 Gramm Wasserdampf, und
ach ist also das durch BRUNNER gefundene Verhältnifs der
igkeit des Wasserdampfes gegen Luft = 10 : 16,132.

552) SCHMEDDINK[2] erinnert hiergegen, es werde bei die-
Verfahren vorausgesetzt, die ausgetrocknete Luft nehme
dem Wasser im Gasometer ihren anfänglichen Feuchtig-
gehalt wieder an, was gewifs nicht genau richtig ist; denn
irt man mit Luft von mittlerer, ohnehin unbestimmter
htigkeit, so kann sie im Gasometer leicht einen gröfseren
pfgehalt annehmen, werden die Versuche dagegen mit ge-
gt feuchter Luft angestellt, so wird diese nach dem Aus-
nen nicht so schnell wieder in den Zustand der Sättigung
gehn; im ersten Falle wird ihr Volumen vermehrt, im letz-
n verringert werden, und in beiden Fällen ist keine ge-
e Correction möglich. Ein zweiter Einwurf betrifft die
estimmtheit der Temperatur; allein dieser ist wohl nicht
gültig zu betrachten, da die Versuche auf jeden Fall in ei-
geräumigen, während ihrer nicht langen Dauer keiner
sbaren, insbesondere die grofse Menge Wasser afficirenden
derung der Temperatur ausgesetzten Locale angestellt wer-
müssen. SCHMEDDINK liefs daher die Luft zuerst durch Fig. 83.

1 Dessen Traité de Physique. 2me éd. T. I. p. 494.
2 Dissertatio de densitate vaporum. Berol. 1832. Im Auszuge in gendorff's Ann. XXVII. 40.

eine mit nasser Baumwolle gefüllte Glasröhre a, dann durch eine mit feuchter Watte gefüllte Flasche a' treten, worin sich ein Thermometer zum Messen der Temperatur befand; von hier gelangte sie in zwei mit Schwefelsäure versehene Röhren s, s, von hier durch ein enges, am Ende herabgebogenes Rohr abermals in eine weitere, mit feuchter Wolle gefüllte Glasröhre a" in das Gasometer A, aus welchem das zum Messen dienende Wasser in eine Flasche abflofs, deren Kubikinhalt genau bestimmt war. Die Zwischenröhre mit Chlorcalcium zur Sicherung gegen den aus dem Wassergefäfse eindringenden Dampf fand Schmeddink überflüssig, weil die Länge und der geringe Durchmesser der Röhre, die zu der mit nasser Watte gefüllten führte, gegen dieses Eindringen vollkommen sicherte, insbesondere wenn die Strömung der Luft etwas rasch war. Aufserdem zog er vor, die Austrocknungsröhren statt mit Asbest mit Gyps zu füllen, weil dieser doppelt so viel Schwefelsäure in sich aufnimmt; auch fand er nöthig, aus Watte einen Streifen zu schneiden, diesen aufzulockern, wie einen Papierstreifen zusammengerollt in die Röhre zu bringen und im siedenden Wasser gehörig zu befeuchten, weil kaltes den Fasern nicht genugsam adhärirt. Anfangs nahm die eine Röhre mit Schwefelsäure alle Feuchtigkeit auf, später aber auch die zweite einen Theil, und wenn dieser gröfser wurde, als 0,01 Gramm, so bedurfte es einer neuen Röhre[1]. Der Inhalt der Flasche endlich betrug fast 18,5 Liter bei 16° R. und jeder Versuch dauerte 12 bis 59 Minuten. Im Mittel aus 47 Versuchen ist die Dichtigkeit des Wasserdampfes gegen Luft unter gleichem Drucke und bei gleicher Temperatur = 0,63, welcher Werth, wenn wir den von Gay-Lussac gefundenen = 0,625 oder $\frac{10}{16}$ nehmen, von demselben unbedeutend abweicht und das Verhältnifs 10:15,873 giebt. Eine zweite Reihe von Versuchen, wobei die mit nasser Watte gefüllte Röhre in einem kupfernen Wassergefäfse erwärmt wurde, um die Dichtigkeit des Wasserdampfes auch bei höheren Wärmegraden zu ermitteln, gab zu wenig genaue Resultate, was sich aus der Schwierigkeit einer scharfen Temperaturbestimmung allzuleicht erklären läfst.

---

1 Dafs in einigen Fällen das Gewicht der zweiten Röhre geringer wurde, ist eine schwer oder gar nicht zu erklärende Erscheinung.

Digitized by Google

552) Nach den hier mitgetheilten Resultaten der neueren rsuche gewinnt die bereits früher aufgestellte Bestimmung, nach die Dichtigkeit des Wasserdampfes gegen Luft bei glei- r Temperatur und unter gleichem Drucke im Verhältnifs von zu 16 stehe, einen überwiegenden Grad von Wahrschein- ıkeit. Sofern sich aber erwarten läfst, dafs diese Bestim- ng durch neue Versuche nicht leicht eine wesentliche Ab- lerung erleiden werde, stelle ich hier die wichtigsten Puncte hmals zusammen, um so mehr, als die Resultate meiner ei- en Versuche wegen zu ausführlicher Darstellung minder leicht übersehn sind.

1. Die Dichtigkeit des Wasserdampfes ist bei gleichen mperaturen sowohl im luftleeren, als auch im lufterfüllten ıme, mindestens bis zum atmosphärischen Drucke, stets ich, vorausgesetzt, dafs vom Dampfe im Maximum seiner htigkeit die Rede ist. Dieses geht direct aus den Messun- von Gay-Lussac und den meinigen hervor, aus den letz- n namentlich, indem alles Wasser, welches in dem von gebrauchten Ballon bei einer gewissen Temperatur in Dampf wandelt wurde, diese seine Expansion bei unveränderter irme beibehielt, wenn ich trockne Luft in gröfserer oder ingerer Quantität hinzutreten liefs. Wenn es bei diesen rsuchen den Anschein gewährte, als ob im lufterfüllten Rau- eine gröfsere Dichtigkeit statt fände, weil der Niederschlag es Theiles des expandirten Wassers im lufterfüllten Raume bei etwas niedrigerer Temperatur erfolgte, als im luftleeren, hat dieses zwar die Analogie anderer Erscheinungen für sich, in die Versuche können hierbei leicht täuschen, insofern der mpf im luftleeren Raume ungleich beweglicher ist, daher an Glaswandungen leichter und schneller zum Vorschein mmt, als im lufterfüllten. Der Satz selbst geht indirect aus Versuchen von Brunner und Schmeddink hervor, denn von ihnen gefundenen Dichtigkeiten des gemischten Dam- s stimmen so genau mit den für ungemischten erhaltenen rein, dafs hierin ein sehr gewichtiges Argument enthal- ist.

2. Sobald dieser Satz einmal festgestellt worden ist, fallen Hauptschwierigkeiten, die den genauen Bestimmungen der oluten Dichtigkeit des Wasserdampfes im Wege stehn, von bst weg, und die durch Brunner gewählte Methode, wie

Digitized by Google

sie durch Schmeddink verbessert worden ist, verspricht die genauesten Resultate. Bei allen Fundamentalversuchen kam es blofs auf eine genaue Messung der Temperatur und des Raumes an, welchen der gesättigte Wasserdampf einnahm, wie nicht minder auf eine scharfe Wägung der Wassermenge, welche denselben gab. Eben wegen dieser Einfachheit der Messungen stimmen auch die erhaltenen Resultate so genau mit einander überein, als sich bei der Verschiedenheit der befolgten Methoden nur erwarten läfst. Handelt es sich aber um eine endliche scharfe Bestimmung der eigentlichen Dichtigkeit des Wasserdampfes, so dürfte die durch Schmeddink gefundene wohl den Vorzug haben; sie ist aus einer grofsen Zahl von Messungen bei mittleren Temperaturen entnommen und liegt nahe in der Mitte zwischen der durch Gay-Lussac und der durch mich selbst erhaltenen, etwas näher an der ersteren. Es läfst sich aber leicht erklären, warum Gay-Lussac die Dichtigkeit etwas zu klein fand, denn abgerechnet, dafs ein geringer Theil Feuchtigkeit bei seinen Versuchen dem Queckšilber adhäriren konnte, bleibt es fraglich, ob der Dampf in der Röhre nach dem, was hierüber oben (§. 518) beigebracht worden ist, wirklich die Siedehitze erreichte, und ebenso konnte ich selbst leicht in den Messungen bei tieferen Temperaturen, namentlich bei denen unter dem Gefrierpuncte des Wassers, die Dichtigkeit zu grofs finden, weil der dann absolut sehr dünne Dampf sich minder leicht an den Wandungen niederschlägt und dem Auge wahrnehmbar wird; die von mir aus diesen Versuchen allein abgeleitete Folgerung, dafs die Dichtigkeit des Dampfes im Verhältnifs zur Luft mit den Temperaturen abnehme, mag wohl hierauf beruhn und ist vorläufig, bis zu näherer Bestätigung, aufzugeben. Sofern aber das aus allen Versuchen Schmeddink's bei mittleren Temperaturen erhaltene mittlere Resultat von den früheren so wenig abweicht, kann immerhin wegen der Bequemlichkeit der Berechnung das bisher angenommene Verhältnifs von 10:16 beibehalten werden.

3. Handelt es sich um eine allgemeine Formel zur Berechnung der Dichtigkeit des Wasserdampfes, so kommt hierbei die Elasticität desselben und der Ausdehnungscoefficient der Luft in Betrachtung. Nach den damals bekannten Bestimmungen dieser Gröfsen habe ich eine Tabelle berechnet, welche die Dichtigkeit des Wasserdampfes gegen Wasser im Maximum

Digitized by Google

ner Dichtigkeit und auch gegen Luft bei 0° Temperatur
d unter einem Drucke von 336 Lin. Quecksilber enthält;
genügt, um die gesuchten Gröfsen mit genäherter Genauig-
t zu finden. Schitko[1] hat gleichfalls eine Tabelle berech-
, welcher jener sehr genäherte Werthe giebt. Neuerdings
Pambour[2] eine Formel zur Berechnung des Volumens des
sserdampfes als Function der Temperatur und der Elasticität
selben angegeben, wonach für p = dem Drucke auf ein Qua-
tcentimeter in Kilogrammen und t = der Temperatur in
ıtesimalgraden das Volumen des Dampfes

$$m = 1287 \times \frac{1 + 0{,}00364\,t}{p}$$

n soll. In dieser findet sich, wie Poggendorff bemerkt,
durch Rudberg aufgefundene Ausdehnungscoefficient der
cknen Luft ohne weitere Bemerkung eingeführt.

553) Ueber die Dichtigkeiten der Dämpfe sonstiger Flüs-
keiten, denen wir auch andere flüchtige Körper zugesellen
ınen, sind noch einige sehr wichtige Zusätze hinzuzufügen,
bei es angemessen ist, auf dasjenige zurückzublicken, was
Art. *Dampf* bereits mitgetheilt wurde. Ueber die Dichtig-
t des *Schwefelkohlenstoffdampfes* stellte Cluzel[3] sogleich
nals, als er diese neu entdeckte Flüssigkeit untersuchte, ei-
ı Versuch an, und fand, dafs ein Ballon mit Luft bei 18°
Wärme und 0,7638 Met. Barometerstand gewogen 6,75
ımm wog, wenn er 5565,095 Kubikcentimeter Luft enthielt;
r aber Schwefelkohlenstoffdampf damit vereint, so betrug
Gewicht 7,798 Gramm. Hieraus läfst sich indefs das Ge-
:ht des Kohlenstoffdampfes nicht entnehmen, weil nach dem
ıtritt desselben zwar der Ballon mit diesem ganz erfüllt war,
r von der früher darin befindlichen Luft, wenn diese ent-
ichen konnte, fehlte so viel, als der Elasticität des Dampfes
en die der Luft zukam. Marx[4] versuchte gleichfalls den
mpf des Schwefelkohlenstoffs zu wägen und bediente sich
u einer dünnen Kugel mit einer Spitze, die er zuerst voll

1 Wiener Zeitschrift. Th. VI. S. 259.
2 Compt. rend. T. VI. p. 374. Poggendorff's Ann. XLIV. 628.
3 Ann. de Chim. T. LXXXIV, p. 72. G. XLIII. 421.
4 Schweigger's Journ. LXII. 488.

Digitized by Google

Luft, dann mit Schwefelkohlenstoffdampf gefüllt, wog, indem er diese Flüssigkeit darin zum Sieden brachte und die Spitze verstopfte, nachdem keine tropfbare Flüssigkeit mehr darin enthalten war, endlich aber die Spitze wieder öffnete, Luft eindringen liefs und abermals das Gewicht bestimmte. Heifst dann das Gewicht der Kugel A, der Luft L, des Dampfes D, so war das Gewicht zuerst $= A + L$, hernach $= A + D$ und zuletzt sollte es $= A + D + L$ seyn, allein er konnte auf diese Weise keine übereinstimmenden Resultate erlangen[1], wenn er die erste Gröfse von der letzteren abzog, wie sehr begreiflich daraus hervorgeht, dafs im dritten Falle so viel Luft weniger in der Kugel vorhanden war, als die Elasticität des bei der gegebenen Temperatur darin vorhandenen Dampfes anzeigt. Um daher die Dichtigkeit dieses Dampfes zu finden, legt er die Bestimmung von Gay-Lussac zum Grunde, wonach der Schwefelkohlenstoffdampf bei seiner Siedehitze eine Dichtigkeit von 2,645 gegen atmosphärische Luft haben soll. Ist dann das spec. Gewicht der Luft bei 0° und 28 Zoll Barometerhöhe[2] gegen Wasser im Maximum seiner Dichtigkeit $= 0{,}0012830 : 1$, so wird dieses bei 37°,5 R. als dem Siedepunct des Schwefelkohlenstoffs $= 0{,}0012830 \times 0{,}85423 : 1$, und hieraus folgt die Dichtigkeit des Schwefelkohlenstoffdampfes bei der Siedehitze gegen die des Wassers $= 0{,}0028987 : 1$. Nach der Mayer'schen Formel ist die Dichtigkeit eines Dampfes δ für eine gegebene Temperatur t in Graden der 80theiligen Scale, wenn seine Spannung e heifst:

$$\delta = A \frac{e}{213 + t},$$

worin A ein aus den Beobachtungen zu entnehmender Coefficient ist. Marx fand den Siedepunct bei 37°,5 R., wenn die Elasticität einem Drucke von 333,786 Par. Lin. gleich kam, und wenn diese Werthe zugleich mit der durch Gay-Lussac gefundenen Dichtigkeit in die Formel substituirt werden, so erhält man

$$0{,}0028987 = A \cdot \frac{333{,}786}{250{,}5},$$

---

1 Vergl. das von Dumas angewandte Verfahren §. 555.

2 Gay-Lussac legt bei seinen Bestimmungen eine Barometerhöhe von 0,76 Meter, also 28 Z. 0,9 Lin. zum Grunde, was aber hierbei von keinem merklichen Einfluss ist.

Digitized by Google

raus der Werth von A = 0,0021748 gefunden wird. Hier-
h heifst also die Formel für δ, die Dichtigkeit des Schwe-
ohlenstoffdampfes gegen Wasser im Puncte seiner gröfsten
htigkeit,

$$\delta = 0{,}0021748 \frac{e}{213 + t}.$$

Hülfe dieser Formel hat MARX eine Tabelle der Dichtig-
ten von — 7° bis + 47° R. berechnet; es ist aber sehr die
ge, ob GAY-LUSSAC's einzige Beobachtung sicher genug
um diesen allgemeinen Ausdruck darauf zu gründen; doch
nen wir uns bis zu weiteren Bestimmungen damit begnügen.

Ehe wir zu einer vorzüglich wichtigen Classe von Unter-
hungen über die Dichtigkeiten der Dämpfe übergehn, wol-
wir zuvor eine mehr isolirte, zugleich aber sehr interessante,
Quecksilberdampf betreffende Notiz erwähnen. Unter der
aussetzung, dafs die Ausdehnung aller Gase und Dämpfe
ch die Wärme sich gleich ist, kann die Dichtigkeit für ge-
ene Temperaturen leicht gefunden werden, wenn sie nur
eine bekannt ist und man das Gesetz der Elasticität kennt.
zteres ist für *Quecksilber* durch AVOGADRO (§. 549) aufge-
den worden, und indem er dann nach DUMAS[1] die Dichtigkeit
Dampfes dieser Flüssigkeit beim Siedepuncte gegen at-
sphärische Luft als Einheit = 7 setzt, findet er für 100° C.,
lcher Temperatur nach der berechneten Tafel eine Elasticität
0,03 Millim. zugehört, = 0,0002, und in diesem Ver-
tnifs könnte daher auch bei dieser Temperatur Quecksilber-
pf in der atmosphärischen Luft enthalten seyn. Weil aber
Liter oder ein Kubikdecimeter Luft unter diesen Umständen
Gramm wiegt, so würde in dem Raume eines Kubikdeci-
ters 0,00026 Gramm oder etwa ein Viertel Milligramm
ecksilberdampf enthalten seyn, eine allerdings kaum mefs-
e Gröfse.

554) Das Bestreben, die Atomgewichte der Körper genauer
bestimmen, veranlafste eine schätzbare Reihe von Versuchen,
en eigentliche Resultate zwar aufser den Grenzen der hier
ächst zu untersuchenden Aufgabe liegen, die aber zugleich
r die Dichtigkeit verschiedener Dämpfe sehr genäherte Be-
mmungen enthalten, und obendrein dem ganzen Probleme

1 Vergl. §. 556, 2.

Digitized by Google

eben dadurch einen mehr wissenschaftlichen Charakter geben, dafs sie die Dichtigkeit der Dämpfe mit ihren Atomgewichten in Verbindung bringen. Da das Ganze zunächst in das Gebiet der Chemie gehört, so theile ich diejenige kurze Darstellung mit, welche Poggendorff[1] davon gegeben hat. Da sich die Atomgewichte der Körper ohne eine wesentliche Abänderung der Resultate gegen ihre Multipla oder Submultipla vertauschen lassen, jenachdem man in den binären Verbindungen dieser Körper eine gröfsere oder geringere Anzahl von Atomen des andern Körpers voraussetzt, so entsteht hieraus eine gewisse Willkür. Um diese zu beseitigen, ging Dumas von dem Grundsatz aus, dafs alle Körper sich in einfachen Volumenverhältnissen verbinden und dafs das specifische Gewicht ihrer Dämpfe, welches dem einfachsten dieser Verhältnisse entspricht, das wahre Atomgewicht dieser Körper sey. Bei Körpern, die für sich nicht wohl so verdampfbar sind, dafs man die Dichtigkeit ihrer Dämpfe zu messen vermöchte, bestimmt man die Dichtigkeit der Dämpfe ihrer Verbindungen mit einem für sich gasförmigen Körper von bekannter Dichte. Hierdurch und durch das Atomgewicht des für sich starren Bestandtheils findet man das Volumenverhältnifs, in welchem sich dieser mit dem Gase verbindet. Fällt das Volumenverhältnifs mit dem angenommenen Atomgewichte nicht einfach genug aus, so nimmt man ein Multiplum oder Submultiplum dieses Gewichts, und dasjenige, welches das einfachste Volumenverhältnifs liefert, ist dann als das wahre Atomgewicht zu betrachten. Hiernach fallen die Atomgewichte der elementaren Körper insgesammt mit den Dichtigkeiten oder specifischen Gewichten ihrer Dämpfe zusammen.

555) Dumas[2] war der Erste, welcher von diesen Grundsätzen ausgehend die Dichtigkeit verschiedener Dämpfe zu bestimmen suchte. Stellen wir das von ihm angewandte Verfahren im Allgemeinen dar, und ohne uns streng an die von ihm gewählten speciellen Modificationen zu binden, die nicht von der Willkür jedes einzelnen Experimentators abhängen, so brachte er die zu untersuchenden Körper in eine Glaskugel A, Fig. 84.

1 Dessen Annalen. Th. IX. S. 293.

2 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXIII. p. 337. Poggendorff Ann. IX. 293.

by Google

mit einer aus ihr auslaufenden feinen Spitze *a* versehn war. a diese Kugel so weit zu erhitzen, dafs die darin befind- nen Körper in Dampf verwandelt wurden, welcher dann die gel ganz ausfüllte, indem der Rest aus der Spitze entwich, d er sie mittelst Platindrähten an eine Bleimasse p, senkte dann in ein Bad von Wasser, wenn die Temperatur des depunctes der darin enthaltenen Flüssigkeit unter der des denden Wassers lag, im entgegengesetzten Falle aber von wefelsäure oder leichtflüssigem Metalle. Die Schwefelsäure net sich hierzu bei weitem am besten und ist namentlich n Oele entschieden vorzuziehn, welches sich schwärzt, ver- kt, durch seine Dämpfe unangenehm afficirt und obendrein Apparate widerlich beschmuzt[1]. Das Glasgefäfs mit dem ssigen Bade steht dann wieder in einem Sandbade und die- wird auf eine leicht zu bewerkstelligende Weise erhitzt. n könnte die sämmtlichen Theile der ganzen Vorrichtung a Substanzen verfertigen, welche unschmelzbarer und dem springen nicht so leicht ausgesetzt sind, als Glas; weil man r sehn mufs, ob die gesammte Menge des zu untersuchen- Körpers wirklich verdampft ist, so mufs der zum Messen nende Ballon nothwendig von Glas seyn, und die anzu- ndende Hitze darf daher nicht über diejenige hinausgehn, bei dieses weich wird. Reicht man aber mit einem Queck- berthermometer nicht mehr aus, so bedient man sich eines

---

1 Ein solches Bad ist erforderlich, um die Temperatur, die der rwandlung im Dampf zugehört, genau zu messen. Da aber das- e beschwerlich, die Vorrichtung übrigens zweckmäfsig ist, so fragt , ob nicht auch ohne ein solches Bad die Temperatur des Ballons, n er im bedeckten Gefäfse frei herabhinge, durch zwei oder mehr en ihm aufgehängte Thermometer genügend bestimmt werden nte, vorausgesetzt, dafs man die langsam steigende Hitze hinläng- zu reguliren vermöchte. Fraglich bleibt ferner, ob sich die Tem- atur der Verdampfung nicht aus den Dämpfen selbst, wie dieses m Wasser geschieht, entnehmen liefse. Die thermomagnetischen ermometer, s. Bd. IX. S. 993, wenn nur genau genug bestimmt, er- ben die Löthstelle eines feinen Platin- und Kupferdrahtes in den lon selbst hinabzusenken. Sehr zweckmäfsig ist endlich Mitscher- h's Lufthermometer §. 557, so lange die Temperatur nicht über jenige Hitze hinausgeht, wobei das Glas weich wird; für höhere fsten Platingefäfse und Pyrometer angewandt werden. S. *Thermo-* *ter.* Bd. IX. S. 1014. Die vollständige Verdampfung könnte dann angenommen werden, wo kein Dampf mehr entweicht.

Digitized by Google

Lufthermometers. Wesentliche Beachtung verdient das Hülfsmittel, die Spitze der Kugel, da wo sie aus der Oeffnung in einem hierzu angebrachten Metallbleche hervorragt, mit einigen glühenden Kohlen α, β zu umgeben, damit sich die Dämpfe in dieser Spitze nicht niederschlagen und dadurch Fehler herbeiführen. Sind die letzten Antheile der zu untersuchenden Substanz völlig verdampft, indem zuerst ein dichterer, nachher aber ein stets dünner werdender Dunst aus der Spitze entweicht, so wird die Spitze zugeblasen, der Apparat mufs langsam erkalten, und dann wird die Dichtigkeit des Dampfes durch Wägung bestimmt.

Die hierbei zu beobachtende Verfahrungsart beruht auf einfachen Principien. Die zugeschmolzene, mit dem Dampfe und einer unbestimmten Menge etwa zurückgebliebener Luft erfüllte Kugel wird nach dem Reinigen von allen anhängenden Substanzen gewogen und dann nach dem Abbrechen der Spitze unter Wasser oder Quecksilber geöffnet, um nach dem Eindringen dieser Flüssigkeit den noch vorhandenen Antheil Luft zu ermitteln. Demnächst wird der Ballon inwendig gereinigt, getrocknet, mit völlig trockner Luft gefüllt und abermals gewogen. Aus beiden Wägungen und einer vorausgegangenen oder nachher angestellten Wägung desselben, wenn er mit Wasser gefüllt war, findet man die gesuchten Gröfsen. Heifst nämlich das Gewicht des mit Wasser gefüllten Ballons $= P$, des mit trockner Luft gefüllten $= p$, des mit Dampf und der wenigen zurückbleibenden Luft gefüllten $= p'$, so giebt $P - p + (P - p)\delta$, wenn δ das Verhältnifs zwischen der Dichtigkeit des Wassers und der Luft bezeichnet, den Rauminhalt des Ballons mit hinlänglicher Genauigkeit. Hieraus findet man durch Berechnung das Gewicht der Luft, welche ihn ausfüllt, $= p''$, und erhält dann aus $p' + p'' - p$ das Gewicht des Gemenges von Dampf und Luft, welches in demselben enthalten war. Hierbei mufs man die Ausdehnung des Ballons durch Wärme corrigiren, dann aber die Dichtigkeit des Wassers nach der bei der Wägung statt findenden Temperatur auf das Maximum seiner Dichtigkeit, und ebenso die der Luft nach dem jedesmaligen Barometerstande und der Temperatur auf 0,76 Meter und 0° Wärme reduciren, worauf dann nur noch erfordert wird, das corrigirte Volumen der zurückgebliebenen Luft und dessen Gewicht von dem Gewichte des Dampfes abzuziehn, um letzteres für sich zu haben,

Digitized by Google

s dann bei bekanntem Rauminhalte die Dichtigkeit dieses mpfes giebt[1].

556) Bei den folgenden Angaben beschränken wir uns der irze halber zunächst nur auf die gefundenen Dichtigkeiten, ne die daraus abgeleiteten Atomgewichte zu berücksichtigen; ch liefern die Versuche noch manche anderweitige interes- ıte Thatsachen, die eine gelegentliche Erwähnung verdienen.

1. *Iod* fing bei 175° C. an, Dämpfe zu bilden, welche die itze zu verstopfen drohten. Letztere wurde daher mit Koh- erwärmt und die Hitze bis 185° C. gesteigert. Anfangs r der Ioddampf violett, nachher aber wurde seine Farbe so ensiv, dafs man durch den Ballon weder das Tagslicht, noch :h eine Kerzenflamme sehn konnte; an den Rändern war Farbe blau, im Widerscheine aber zeigte er sich völlig ıwarz. Aus den Wägungen ergab sich seine Dichtigkeit 8,716, von der Bestimmung durch Gay-Lussac[2] = 8,61 nig abweichend.

2. Das Verhalten des *Quecksilbers* bei diesem Versuche an sich schon interessant. Es wurden 40 Gramm dieses reinigten Metalls in den Ballon gebracht, und ungeachtet der ıgsamen Erhitzung fuhr dennoch der Dampf beim Siedepuncte sselben mit solcher Heftigkeit aus dem Röhrchen, dafs eine plosion zu fürchten stand. Nach einer halben Stunde aber rte die Dampfentwickelung fast plötzlich auf, und als nach ıiger Zeit bei verstärktem Feuer und einer weit über den Sie- punct getriebenen Erhitzung kein Dampf mehr herausfuhr, ırde die Spitze zugeblasen. Bei den nachherigen Wägungen gte sich eine so kleine zurückgebliebene Luftblase, dafs sie :ht mefsbar war, und zudem konnte sie aus dem Wasser tstanden seyn; man kann also durch Quecksilberdämpfe ichfalls einen luftleeren Raum bereiten. Die Dichtigkeit des ımpfes ergab sich = 6,976.

Die Dichtigkeiten der übrigen, aus ihren Verbindungen

---

1 Eine ausführliche Anleitung, die Resultate solcher Wägungen berechnen, zugleich mit Rücksicht auf die hierbei erforderlichen rrectionen, nebst Tabellen, worin diese letzteren für die ver- ıiedenen Temperaturen und die ungleichen Barometerstände ent- lten sind, giebt Poggendorff in seinen Annalen XLI. 449.

2 S. Art. *Dampf*. Bd. II. S. 897.

Digitized by Google

gefundenen Dämpfe sind: *Phosphor*[1] im Mittel aus zwei Versuchen = 2,328; *Chlorphosphor* im Minimum = 4,875; *Arsenikwasserstoff* = 2,695; *Chlorarsenik* im Minimum = 6,3006; *Chlorsilicium* = 5,939; *Fluorsilicium* = 3,6; *Chlorboron* = 3,942; *Fluorboron* = 2,3124; *Chlorzinn* im Maximum = 9,1997; *Chlortitan* = 6,836.

557) Die von Dumas betretene Bahn verfolgte Mitscherlich[2], mit gewohntem Eifer und bekannter Genauigkeit und gelangte dadurch theils zu einer Prüfung bereits gefundener, theils zur Auffindung neuer Bestimmungen. Die wesentlichen Abänderungen der gebrauchten Apparate lassen sich leicht deutlich machen. Für die höchsten Hitzegrade wählte er statt eines Ballons längliche, an beiden Seiten fein ausgezogene Glasröhren, in welche er die zu untersuchenden Körper brachte, und bediente sich seines bereits beschriebenen Luftthermometers[3]. Beide legte er neben einander auf kupferne Haken Fig. 85. α, α, α, α in einem metallenen Cylinder, welcher am einen Ende verschlossen, am andern mit Löchern $\gamma\gamma$ versehn war, durch welche die Spitzen des Mefsröhrchens und des Luftthermometers hervorragten. Dieser Cylinder a b, a b wurde in einen etwas weiteren geschoben, welcher nach innen und nach aufsen mit einigen hervorragenden Stäben versehn war, um eine Berührung desselben mit dem inneren und einem dritten äufsersten zu hindern. Letzterer A A, B B war ein eiserner, von zolldicken Wandungen; er wurde in einen Ofen gelegt und die Hitze so regulirt, dafs derselbe überall möglichst gleichmäfsig roth glühte. Hiernach läfst sich mit Sicherheit annehmen, dafs sowohl das Luftthermometer, als auch die Mefsröhre einer durchaus gleichmäfsigen Wärme ausgesetzt waren, und somit liefs sich die Hauptbedingung einer scharfen Temperaturbestimmung vollständig erreichen. Für Temperaturen unter 300° C. läfst sich ein Bad von leichtflüssigem Metall in Anwendung bringen, wenn aber die Wärme 110° C. übersteigt, so ist allgemein ein Bad von Chlorzink bei weitem vorzuziehn, denn dieses bleibt

---

1 Die richtigere Bestimmung wurde später gefunden, s. folgenden §. Anm.

2 Poggendorff's Ann. XXIX. 193. Ann. de Chim. et Phys. T. LV. p. 1.

3 S. Art. *Thermometer*. Bd. IX. S. 857.

Digitized by Google

ssig bis zu seiner Verflüchtigung, die erst bei der Rothglüh-
ze eintritt; die Temperatur steigt viel langsamer, als beim
tallbade, und man kann daher die Operation sicherer leiten.
r Aufnahme des Bades diente ein gufseisernes Gefäfs A, B, Fig. 86.
Zoll lang, 6 Z. breit und 6 Z. tief, unten mit zwei Rin-
n versehn, die sich durch Charniere öffnen liefsen, um das
lsrohr α, α hineinzulegen und festzuhalten. An beiden
den hatte das Gefäfs einen Einschnitt; der eine diente dazu,
Quecksilberthermometer durch ihn so hineinzuschieben, dafs
sen Kugel t auf der Mefsröhre ruhte, der andere, um die
itze f dieser, die zu untersuchende Substanz enthaltenden
hre durchzulassen, da diese fein ausgezogene Spitze zuerst
htwinklig in die Höhe und dann wieder rechtwinklig hori-
ntal gebogen war, wobei ein unter dem äufsersten Ende an-
rachtes Drahtgeflecht γ zur Aufnahme einiger Kohlen diente,
mit sich die Substanzen daselbst nicht niederschlugen. Be-
nd das Bad aus Wasser, Kochsalzauflösung oder einer Lö-
ng von Chlorzink, so befand dieses sich in einem ähnlichen
pfernen Gefäfse AB, worin die Mefsröhre αα auf gleiche Fig. 87.
eise durch Ringe festgehalten wurde; die nicht gebogene
itze f desselben, so wie die Röhren zweier nach beiden Seiten
rausstehenden Thermometer t, t aber waren mittelst mehrerer
irke durch Löcher gesteckt, die sich in den Wandungen beider
den des Gefäfses befanden. Mitscherlich stellt folgende
nessene Dichtigkeiten der einfachen sowohl, als auch der
sammengesetzten Gase und Dämpfe zusammen, und zur Ver-
ichung zugleich die nach den Atomgewichten berechneten,
ost der Anzahl der in ihnen enthaltenen Atome, die ich je-
ch weglasse, da sie nicht direct in den Bereich unserer Un-
suchungen gehören. Die Dichtigkeiten oder specifischen
wichte beziehn sich auf atmosphärische Luft bei 0° C. Tem-
atur und unter einem Drucke von 0,76 Meter Quecksilber-
he.

Digitized by Google

Substanzen	Dichtigkeiten beobachtet	Dichtigkeiten berechnet	Beobachter
Sauerstoffgas . . .	1,1026	. . . .	Berzelius, Dulong
Wasserstoffgas . . .	0,0688	. . . .	Berzelius, Dulong
Stickgas	0,9760	. . . .	Berzelius, Dulong
Chlor	2,4700	2,4403	Gay-Lussac, Thénard
Brom	5,5400	5,3930	Mitscherlich
Iod	8,7160	8,7011	Dumas
Schwefel	6,5635	6,6541	Dumas [1]
. . . .	6,9000	. . . .	Mitscherlich
Phosphor	4,4200	4,3256	Dumas [2]
. . . .	4,5800	. . . .	Mitscherlich
Arsenik	10,6000	10,3654	Mitscherlich
Quecksilber . . .	6,9760	6,9785	Dumas
. . .	7,0300	. . . .	Mitscherlich
Wasserdampf . . .	0,6235	0,6201	Gay-Lussac
Stickstoffoxydul . .	1,5204	1,5273	Colin
Stickstoffoxyd . . .	1,0388	1,0393	Bérard
Salpetrige Salpetersäure	1,7200	1,5906	Mitscherlich
Ammoniak	0,5967	0,5912	Biot, Arago
Chlorwasserstoff . .	1,2474	1,2544	Biot, Arago
Bromwasserstoff . .	2,7311	2,7311	Mitscherlich
Iodwasserstoff . . .	4,4400	4,3850	Gay-Lussac
Schweflige Säure . .	2,2470	2,2116	Berzelius
Schwefelsäure, wasserfrei . . .	3,0000	2,7629	Mitscherlich
Schwefelwasserstoff .	1,9120	1,1778	Gay-Lussac, Thénard
Chlorschwefel . . .	4,7000	4,6580	Dumas
Phosphorwasserstoff .	1,1214	1,1896	Dumas
. . .	1,1455	. . . .	Rose
Chlorphosphor, flüssiger	4,8765	4,7414	Dumas
fester	4,8500	4,7900	Mitscherlich
Arsenige Säure . . .	13,8500	13,3000	Mitscherlich
Arsenikwasserstoff . .	2,6950	2,6945	Dumas
Chlorarsenik . . .	6,3006	6,2518	Dumas
Iodarsenik	16,1000	15,6400	Mitscherlich
Quecksilberchlorüre .	8,3500	8,2000	Mitscherlich
Quecksilberchlorid .	9,8000	9,4200	Mitscherlich

1 Diese Bestimmung ist das Mittel aus vier später angestellten Versuchen. S. Ann. de Chim. et Phys. T. L. p. 178. Poggendorff's Ann. XXVI. 559.

2 Nach Dumas ist das specifische Gewicht des Phosphordampfes bei 500° C. = 4,355, beim Siedepuncte desselben = 4,42. S. Ann. de Chim. et Phys. T. XLIX. p. 210. Poggendorff's Ann. XXV. 396.

Digitized by Google

Substanzen	Dichtigkeiten beob-achtet	Dichtigkeiten berech-net	Beobachter
ecksilberbromüre .	10,1400	9,6750	Mitscherlich
ecksilberbromid .	12,1600	12,3730	Mitscherlich
ecksilberiodid . .	15,9000	15,6800	Mitscherlich
wefelquecksilber .	5,5100	5,3900	Mitscherlich
enige Säure . .	4,0300	. . . .	Mitscherlich
timonchlorüre . .	7,8000	. . . .	Mitscherlich

558) Diesen Bestimmungen lassen sich noch einige hinügen, die später gefunden wurden und hier nur kurz erwähnt rden mögen. Amand Bineau[1] fand die Dichtigkeiten der hfolgenden Dämpfe:

alpetersäure mit 4 Atomen Wasser		1,27
meisensäurehydrat	ungefähr	1,59
alzsäurehydrat		0,69
ydroselensäure		2,79
ydrotellursäure		4,49
estes Chlorcyan		6,39
romcyan		3,61
hromsaures – dreifach – Chlorbrom		5,52
Hydriodsaurer Phosphorwasserstoff		2,77
Hydrobromsaurer Phosphorwasserstoff		1,92
alzsaurer Phosphorwasserstoff		1,22
Wasserfreies kohlensaures Ammonium		0,90
Wasserfreies hydrothionsaures Ammonium		0,88
Wasserfreies hydrotellursaures Ammonium		1,32
Wasserfreies blausaures Ammonium . . .	ungefähr	0,77
Wasserfreies salzsaures Ammonium		0,89

ch diese Bestimmungen beziehn sich auf die Luft bei 0° C. l unter einem Drucke von 0,76 Meter Quecksilberhöhe und len mit den Atomgewichten sehr nahe übereinstimmen.

d) Anwendung des Dampfes.

559) Man macht von den Dämpfen, namentlich den Wasdämpfen, einen sehr wesentlichen Gebrauch, indem sie zu-

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LXVIII. p. 416.

Digitized by Google

erst als bewegendes Mittel, dann zur Auflösung der Körper und endlich zum Heizen und Erwärmen verwandt werden. Als bewegendes Mittel werden sie vorzugsweise bei den Dampfmaschinen verwandt, schwerlich dürften sie aber jemals zu Wurfgeschützen gebraucht werden.

Von den *Dampfmaschinen* ist in einem eigenen Artikel[1] ausführlich gehandelt worden, und es würde nicht geringen Raum erfordern, wollten wir hier alles dasjenige nachtragen, was seitdem verändert und verbessert, hauptsächlich aber als Verbesserung in Vorschlag gebracht worden ist. Inzwischen sind die physikalischen Principien, worauf diese merkwürdigen Apparate beruhen, und die verschiedenen Arten ihrer Construction dort angegeben worden, die zahlreichen Verbesserungen aber beziehn sich mehr auf das Technische, und in dieser Beziehung kann man wohl sagen, dafs der specielle Theil der Physik, den die Lehre von der Anwendung des Dampfes bildet, sich wegen seines Umfanges emancipirt und zu einem selbstständigen ausführlichen Ganzen ausgebildet habe. Vergleicht man die ersten rohen Versuche mit dem, was die Dampfmaschinen bei der Auflösung jenes Artikels geworden waren, so ist der Unterschied unermefslich, und seitdem ist die Kunst mit noch ungleich rascheren Schritten weiter geeilt. Nach John Taylor[2] geben unter andern gleiche Mengen Kohlen im Jahre 1828 einen 17mal so grofsen Nutzeffect, als bei den ersten Dampfmaschinen, und wenn gleich die Verbesserungen der neuesten Zeit nicht in gleichem Verhältnifs wachsen konnten, so sind sie doch im Ganzen wegen der ausnehmend gestiegenen Kunstfertigkeit nicht unbedeutend. Um solche Verbesserungen aufzufinden, dienen vorzüglich die Register, die über die Leistungen der zahlreichen Dampfmaschinen in den Kohlenminen von Cornwallis geführt werden, woraus sich unter andern ergab[3], dafs die stärkste unter 59 Maschinen mit einem Bushel oder 84 Pfund Steinkohlen 44497342 Pfund Wasser in 38 Min. 20 Sec. 1 Fufs

---

1 S. Art. *Dampfmaschine*. Bd. II. S. 417.

2 Records of Mining. 1828.

3 S. Karsten's Archiv. Th. XVIII. S. 111. Vorzüglich Haswood in Edinburgh Journ. of Science N. XIX. p. 34. XX. p. 213. N. Ser. N. I. p. 65. III. p. 102. IV. p. 247. V. p. 46. VI. p. 207. Vergl. Davies Gilbert über die allmälig gemachten Verbesserungen der Dampfmaschinen zu Cornwallis in Philos. Trans. 1830. p. 121.

Digitized by Google

ı, die schlechteste mit derselben Menge Brennmaterial 96710 Pfund in 40 Min. 20 Sec. 1 Fufs hoch hob. Zu- :h aber liegt es in der Natur der Sache, dafs sehr viele schläge zur Verbesserung ebenso wichtiger, als allgemein gbarer Maschinen gemacht werden, die nicht allezeit das en, was sie versprechen, und deren allseitige Prüfung hier weit führen würde. Wir müssen uns daher auf einzelne erkungen beschränken, in Beziehung auf das Ganze aber diejenigen Werke verweisen, worin der Gegenstand erpfend behandelt worden ist[1].

Wäre einer hierüber mitgetheilten Angabe Vertrauen zu nken, so würde die Erfindung der Dampfmaschinen selbst h über die Zeit des Mathesius[2] hinausgehen, denn hierh soll die Dampfmaschine schon im Jahre 1543 durch

---

1 Unter die vorzüglichsten gehört: J. Farey Treatise on the m-Engine. Lond. 1828. 4. The Steam-Engine, theoretically practically displayed. By George Birkbeck and Henry and James ock, Civil Engeneers. Lond. 1827. 4. Mit Kupfern. Als einzelne thvolle Abhandlungen über die Dampfmaschinen im Ganzen könferner genannt werden: Bezaine in Mém. de l'Acad. Imp. de rsb. VIme Sér. T. II. Liv. III. Dufour in Biblioth. Brit. T. XIV. p. 129, welcher zugleich Tabellen über den Effect der pfmaschinen nach dem Flächeninhalte des Kolbens und der Spang des Dampfes berechnet hat. Eine gelehrte Abhandlung ist die Fourier: Mém. sur la puissance mécanique de la vapeur. Par. 7. 4. Eine kurze Darstellung des Princips der Expansionsmaschigiebt Perkins in Edinburgh philos. Journ. N. XIII. p. 170. Will sich über die vielfach abgeänderte Construction der Dampfmanen mit rotirender Bewegung unterrichten und sich zugleich einen riff von der Vielfachheit solcher Abänderungen machen, so giebt über John Scott Russell in Edinb. New Phil. Journ. N. XLVII. 5 in einer kurzen, aber inhaltreichen Uebersicht genügende Auskunft. unterscheidet vier Classen derselben. Die erste ist die, wobei die kung durch Reaction erfolgt, wie bei denen von Heron um 130 Ch., von Branca 1629, von Kircher 1643, von Dasleme 1699, von Kempelen 1785, von James Sadler 1791, von Richard Trevithic 3 und von A. Craig 1834. Zur zweiten Classe gehören diejenigen, denen ein Zwischenmittel statt findet; zur dritten die, welche ch hydrostatische Reaction wirken, wozu nur die von Watt 1782 von Bryan Donkin 1803 gehören; zur vierten endlich rechnet er jenigen, bei denen der Stempel sich dreht. Masterman's Rad get nach ihm zur zweiten Classe.

2 S. Art. *Dampfmaschine*. Bd. II. p. 419.

Digitized by Google

Blasco de Garay, einen Spanier, erfunden worden seyn[1]. Nach Documenten im königl. Archive zu Simancas, welche Don Thomas Gonzales auffand und de Navarette dem Baron v. Zach mittheilte, zeigte Garay ein Boot, welches durch eine Dampfmaschine in Bewegung gesetzt wurde, einer zur Prüfung ernannten Commission und auch dem Kaiser Carl V. selbst. Wie berichtet wird, befand sich darin ein Kessel mit heifsem Wasser, und durch diesen wurden Räder an den Aufsenseiten des Bootes in Bewegung gesetzt. Die Commission bemerkte, es sey gegen diese Erfindung die stete Gefahr zu erinnern, die aus dem Zerspringen des Kessels hervorgehe[2].

560) Diejenigen Dampfmaschinen, welche am häufigsten in Anwendung gebracht werden, sind die von sogenanntem atmo-

---

1 Bullet. univ. N. IV. p. 382.

2 Das Geschichtliche über die Erfindung und Verbesserung der Dampfmaschinen findet man in Quarterly Journ. of Sc. New Ser. N. X. p. 322. Diese Abhandlung polemischen Inhalts von A. Ancn ist gegen eine kurz vorher bekannt gewordene von Arago gerichtet. Letzterer gab im Annuaire pour 1829 eine geschichtliche Uebersicht der Erfindung und allmäligen Verbesserung der Dampfmaschinen, worin er hauptsächlich zu zeigen sich bemühte, dafs die Schriftsteller, namentlich die englischen, allgemein die Erfindung dieser wichtigen Apparate dem Marquis von Worcester beilegten, da doch diese Ehre zwei Franzosen, Salomon de Caus und Dionysius Papinus, gebühre. Dafs der hier den englischen Gelehrten gemachte Vorwurf ungegründet sey, ergiebt sich bald aus der im Art. *Dampfmaschine* Bd. II. S. 417 f. mitgetheilten Literatur. Ainger aber zeigt, dafs de Caus blofs Hero's Maschine beschrieben und gar nicht als seine Erfindung angegeben habe, die Erzeugung eines Vacuums durch Dampf und die Benutzung seiner Elasticität sey aber durch Papinus erst dann vorgeschlagen worden, nachdem Savery's Maschine bekannt geworden war, die Papinus in seiner 1707 herausgegebenen Schrift mehr verstümmelt als verbessert für seine eigene Erfindung ausgegeben habe. Die Schrift, worauf Ainger sich bezieht, ist die im genannten Art. S. 428 angegebene Papini Ars nova cet. Cass. 1707. Uebrigens finden sich in Arago's Abhandlung keine historischen Nachweisungen, die nicht schon im genannten Art. dieses Werkes enthalten wären; wie aber Arago die Vorwürfe gegen die englischen Gelehrten veröffentlichen konnte, erscheint unbegreiflich, wenn man die geschichtlichen Nachweisungen würdigt, die in den im genannten Artikel angeführten classischen Werken, namentlich der Engländer enthalten sind, deren Verfasser die Verdienste der Einzelnen unparteiisch würdigen und namentlich auf Worcester's undeutliche Aeufserungen einen sehr geringen Werth legen.

Digitized by Google

ärischen Drucke und die Expansionsmaschinen; die älteren
ery'schen, die verschiedenen unmittelbar rotirenden und die
hohem Drucke scheinen den Erwartungen weniger zu ent-
echen und werden allgemein, hauptsächlich aber verhältnifs-
big, stets seltener. Colladon und Championnière[1] ken-
in Frankreich nur fünf Savery'sche, drei im Departement
Seine, eine im Departement der unteren Loire und eine zu
on. Uebrigens sind sie nach ihren Versuchen mit drei sol-
n Maschinen der Meinung, dafs gerade diese vor den andern
gen ihrer Einfachheit, Sicherheit und des geringeren Ver-
ches an Brennmaterial zum Heben des Wassers dann den
zug haben, wenn das zu hebende Wasser ohnehin um einige
de erwärmt werden soll. Maschinen mit hohem Drucke,
h dem Vorschlage von Perkins, haben in England wenig
gang gefunden; ob sie in America mehr in Gebrauch sind,
nag ich nicht zu bestimmen[2]. Inzwischen hat sich der
nder Mühe gegeben, sie zu verbessern und ihre vorzüglichen
enschaften hervorzuheben, im Wesentlichen sind sie aber nicht
ändert worden[3], ihre Wirkungen werden von verschiedenen
bachtern als ausgezeichnet beschrieben[4], sie sind in Frank-
h und Italien bekannt geworden[5], und da sie dennoch kei-
Beifall gefunden haben, so mufs die Ursache hiervon wohl
ler (§. 534 angegebenen) Schwierigkeit liegen, die Gefäfse
hohem Druck gehörig dampfdicht zu machen, welche
wierigkeit durch die ungleiche Ausdehnung der Metalle in
ge der Erhitzung ausnehmend wächst. Auch nach Dufour
539) müfste durch Anwendung einer höheren Elasticität ein
utender Nutzeffect erreicht werden, worauf wir später zu-
kommen werden. Einige Verbesserungen der Dampfmaschinen
Hall[6] bekannt gemacht, sehr empfohlen aber wurden die

---

1 Ann. de Chim. et Phys. T. LIX. p. 24.

2 Ueber Perkins's high Prefs safety Steam-Engine findet man
richt in Silliman Am. Journ. T. XIII. p. 40.

3 Edinburgh Philos. Journ. N. XVII. p. 172. N. XXI. p. 211.
gl. Dingler's polyt. Journ. Bd. XXVI. S. 89 u. a. v. a. O.

4 Z. B. Newton in Edinburgh Phil. Journ. N. XIV. p. 359.

5 S. Biblioth. univ. 1824. Mars.

6 Biblioth. univ. T. XXX. p. 77.

Digitized by Google

rotirende Dampfmaschine von Morey[1], die von White[2], die unmittelbar rotirende von Bouvier[3], die von Eve[4], welche vielleicht unter allen die beste und am sinnreichsten construirt ist, die des Marquis de Maboury-d'Ectot, worüber Girard's Bericht nähere Auskunft giebt, und noch viele andere, die sich namhaft machen liefsen, wenn es der Mühe werth wäre, alle die verschiedenen Angaben aufzusuchen. Unter diejenigen, welche namentlich in England die Leistungen der Dampfmaschinen und die verschiedenen Erfindungen zur Vermehrung ihres Nutzeffectes vorzugsweise beachten, gehören namentlich John Taylor[6] und Henwood[7]; wir müssen uns aber darauf beschränken, alles dieses, was zur speciellen Betrachtung dieser wichtigen technischen Apparate gehört, nur im Allgemeinen anzudeuten. Kaum Erwähnung verdient endlich auch der neuerdings vielfach besprochene Vorschlag, den atmosphärischen Luftdruck gegen einen in luftleeren Röhren fortgleitenden Embolus als bewegendes Mittel für Wagen zu benutzen, wobei die Röhren auf ihrer oberen Fläche der ganzen Länge nach durch Klappen verschlossen seyn, diese aber beim Fortgange des Wagens durch eine an diesem angebrachte Vorrichtung geöffnet werden sollen. Praktiker wissen recht gut, dafs so lange, als obendrein aufgeschnittene, Röhren für einen darin fortgleitenden Embolus luftdicht zu machen eine für die geübtesten Künstler unmögliche Aufgabe ist. Auf ähnliche Weise scheinen auch der Ausführung einer von zwei berühmten Ingenieuren, Brunel und Henschel, ausgegangenen Idee, statt des Dampfes comprimirte atmosphärische Luft in Anwendung zu bringen, allzugroße Schwierigkeiten im Wege zu stehen. Dürfen wir in Beziehung auf die Construction der Dampfmaschinen im Ganzen die uns gebotenen Grenzen nicht überschreiten, so ist dieses noch mehr der Fall in Beziehung auf die zahlreichen Vorschläge zur Ver-

---

1 Edinb. Philos. Journ. N. II. p. 348. Vergl. Edinb. Journ. of Science N. X. p. 347.

2 Edinb. New Philos. Journ. N. II. p. 466.

3 Ann. de Chim. et Phys. T. III. p. 177.

4 Aus Repertory of Patent Inventions in Dingler's polyt. Journ. Th. XXII. S. 17. Vergl. Th. XXVII. S. 347.

5 Mém. de l'Acad. l'Institut de France T. VII. p. 419.

6 Philosoph. Magaz. and Ann. T. I. p. 241. Lond. and Edinb. Philos. Magaz. N. XLI. p. 369. XLV. p. 136.

7 Lond. and Edinb. Phil. Magaz. N. XLIV. p. 80.

Digitized by Google

serung der einzelnen Theile, und es mag daher genügen, fs auf dasjenige zu verweisen, was ALBAN[1] zur Sicherung Dampfkessel für Hochdruckmaschinen angegeben hat, und e ausführliche Abhandlung von SÉGUIER[2] über die Dampf- sel im Allgemeinen hier namhaft zu machen.

561) Eine wichtige Frage, welche bei der Anwendung des mpfes als Bewegungsmittel vorzugsweise in Betrachtung kommt l worüber bereits ausführlich gehandelt worden ist[3], verdient r nochmals eine kurze Erörterung. Wie wir gesehen haben, chsen die Grade der Wärme, wodurch die Spannung des mpfes erhöht wird, nicht in gleichem Verhältnisse, als die sticitäten (§. 540), vielmehr bedarf es, um nur ein Beispiel zuführen, nur 22° C. Temperaturerhöhung, um die zu 100° C. nörige Elasticität des Dampfes zu verdoppeln. Hiernach eint es, als sei der Nutzeffect des Dampfes von höherer sticität unverhältnifsmäfsig gröfser, wenn man annehmen rfte ,dafs für ein Verhältnifs der Temperaturen = 100:122 Elasticität des Dampfes im Verhältnifs von 1:2 zunähme. n der anderen Seite aber nehmen die Dichtigkeiten der mpfe in dem nämlichen Verhältnisse zu, in welchem die sticitäten wachsen, und da abgesehen von der Dichtigkeit ich viel Wärme erfordert wird, um eine gegebene Quanti- Wasser in Dampf zu verwandeln, so mufs hiernach der tzeffect des Dampfes von jeder Spannung gleich seyn. Dieses auch wirklich der Fall, wenn der Dampf von einfacher annung einen Embolus mit einer Kraft z. B. = 1, der von ppelter Elasticität aber einen gleich grofsen Embolus mit der aft = 2 hebt, und in dieser Beziehung gewähren also die chdruckmaschinen zwar einen gröfseren Effect, aber nur dem fgewandten Brennmaterial und der Dichtigkeit nebst der Ela- cität des dadurch erzeugten Dampfes proportional, also keinen rmehrten Nutzeffect. Man mufs aber zugleich überlegen, dafs r benutzte Dampf, nachdem er den Embolus gehoben hat, t seiner ganzen Elasticität entweicht, also dafs bei einfachem ucke Dampf von der Elasticität = 1, bei doppeltem Drucke er solcher von der Elasticität = 2 verloren wird, welcher

1 Dingler's polytechn. Journ. Th. XXXIX. S. 241.
2 Ebendaselbst. Th. XLIV. S. 401.
3 S. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 806.

Digitized by Google

letztere immerhin noch eine bedeutende Kraft äufsern könnte, was uns daher auf das Princip der Expansionsmaschinen[1] führt. Zur nähern Bestimmung der Sache nimmt G. G. Schmidt[2] an, dafs ein Kubikfufs Dampf von doppelter Spannung und ein Kubikfufs Dampf von zehnfacher Spannung beide auf einen Embolus von 1 Quadratfufs Fläche wirken, und zwar so, dafs sie sich bis zum Druck von einer Atmosphäre ausdehnen. Sofern die mechanischen Effecte nicht von der momentanen Pressung, sondern von der Summe der Wirkungen abhängen, die Spannkräfte der sich ausdehnenden Dämpfe aber stets im umgekehrten Verhältnisse der Räume stehen, durch welche sie sich ausgedehnt haben, so steht die Summe aller Wirkungen im zusammengesetzten Verhältnisse der anfänglichen Spannungen und der Logarithmen der Räume. Hiernach ist in dem gewählten Beispiele das Verhältnifs der mechanischen Wirkungen:

$$2 \text{ Log. } 2 : 10 \text{ Log. } 10 = 0{,}6 : 10 = 6 : 100,$$

das Verhältnifs des erforderlichen Feuerungsaufwandes ist aber:

$$2 : 10 = 1 : 5,$$

mithin bei gleichem Feuerungsaufwande das Verhältnifs der mechanischen Effecte $= 6 : 23$, was das Dreifache noch übersteigt. Zu einem hiervon bedeutend abweichenden Resultate gelangt Dufour[3] durch eine sehr ausführliche Untersuchung dieser Aufgabe, wobei er zugleich auf vermehrte Reibung und den wahrscheinlichen Verlust von Dampf Rücksicht nimmt. Man darf hoffen, sagt er, dafs ein gleicher mechanischer Effect durch die Hälfte des Brennmaterials oder ein doppelter mechanischer Effect für gleichen Aufwand von Brennmaterial durch Anwendung des Dampfes von hohem Drucke gegen den von niedrigem Drucke erhalten werde, allein auf gröfsere Effecte ist nicht zu rechnen.

562) Ein Gegenstand, welcher sich zwar zunächst auf die technische Anwendung bezieht, zugleich aber die physikalischen Gesetze sehr in Anspruch nimmt, ist die Frage, auf welche Weise die mit der Hitze stets wachsende Elasticität des Dampfes in den gehörigen Schranken gehalten wird, um nicht durch Uebermafs Nachtheil zu bringen. Seit der Einführung der

---

1 S. Art. *Dampfmaschine*. Bd. II. S. 443.
2 Hand- und Lehrbuch d. Naturlehre. Giefs. 1826. S. 445.
3 Bibliothèque univers. T. XXXIV. p. 148.

Digitized by Google

npfmaschinen in den Bergwerken und den Fabriken, insbeson-
: nach ihrer Anwendung zur Bewegung der Schiffe und der
:omotiven auf den Eisenbahnen hörte man wiederholt die
übenden Nachrichten vom Zerspringen der Kessel und von
schrecklichen Verheerungen, die durch diese Aeufserungen
:r ungezügelten Kraft hervorgebracht wurden. Dieses bewog
ıt blofs die Physiker, auf die zweckmäfsigsten Mittel zur
hütung solcher Unglücksfälle ihre Aufmerksamkeit zu rich-
sondern auch die Regierungen fanden sich veranlafst, zur
ıerung des Publicums die Anwendung dieser so leicht ge-
lichen Maschinen einer öffentlichen Controle zu unterwer-

Insbesondere ist dieses im Jahre 1830 in Frankreich durch
enigen Ordonnanzen geschehen, welche die erforderliche Prü-
g der Maschinen und insbesondere der Dampfkessel be-
ımen[1]. Die hierzu erforderlichen Gröfsenbestimmungen
den hauptsächlich aus zwei Untersuchungen entnommen,
lich aus der bereits erwähnten der Pariser Akademie, über
mit den Temperaturen wachsende Elasticität des Wasser-
pfes (§. 534 ff.), und aus einer zweiten ausführlichen von
.ɑo über die Ursachen des Zerspringens der Dampfkessel.
die meisten in Anwendung gebrachten Dampfmaschinen nur
he von einfachem atmosphärischem Drucke sind, wobei aller-
s in Folge der mechanischen Construction die Hitze des
ssers einige Grade über den Siedepunct gesteigert, mithin
ı die Elasticität des Dampfes etwas über den mittleren at-
pärischen Luftdruck erhöhet wird, so kann die zum Wider-
de hiergegen erforderliche Stärke, namentlich des Kessels,
t sehr bedeutend seyn, wenn man berücksichtigt, dafs der
ren Elasticität des Dampfes die äufsere der atmosphärischen
: entgegenwirkt, mithin unter Voraussetzung völliger Gleich-
beider nur eine verschwindende Dicke der Wandungen
rdert würde. Wirklich ergab auch die Erfahrung durch
genaue Prüfung der die Unglücksfälle dieser Art beglei-
en Umstände, dafs bei weitem in den meisten Fällen das
springen der Kessel durch eine ganz unglaubliche Nachläs-
:eit, mitunter durch eine ganz eigentlich frevelhafte Unbe-
ıenheit der Arbeiter herbeigeführt worden war, indem sie die
stopfung der Ventile nicht beachteten oder absichtlich herstell-

---

1 Sie finden sich in Annales des Mines 1830. T. VIII. p. 109.

Digitized by Google

ten und durch übertriebene Heizung die Leistungen der Maschine über ihre Grenzen zu treiben suchten. In einigen Fällen ereigneten sich jedoch solche Unglücksfälle, bei denen sich keine Nachlässigkeit auffinden liefs, vielmehr das Zerspringen durch unbegreifliche Ursachen herbeigeführt schien. Die Ermittelung dieser mehr verborgenen Gründe des Zerspringens der Dampfkessel veranlafste Arago[1] zu einer umfassenden Prüfung aller hierbei mitwirkenden Bedingungen in einer gediegenen und allgemein beachteten Abhandlung, deren wesentlichsten Inhalt wir mittheilen wollen.

563) Arago zählt zuerst die bedeutendsten Erfahrungen über das Zerspringen der Dampfkessel auf, wobei die Ventile nicht verschlossen waren. Dahin gehört das furchtbare Ereignifs zu Lochrin bei Edinburg am 21sten März 1814, wobei der obere Theil des Kessels, 140 Centner an Gewicht, durch das zweite Stockwerk und dann 70 Fufs weit zur Seite geschleudert worden war. Uebergehn wir die Fälle, in denen die Ventile festgemacht oder übermäfsig belastet waren und das Zerspringen daher nothwendig ward, so erscheinen andere dagegen um so paradoxer, je weniger eine so nahe liegende Ursache bei ihnen vorhanden war. Dahin gehört das Zerspringen des Dampfkessels in der Seidenspinnerei zu Essonne am 3ten Febr. 1823 und wenige Tage nachher in einer Fabrik zu Paris, nachdem kurz zuvor die Maschinen merklich langsamer gingen als gewöhnlich, und indem die Ventile sich bei der Explosion wirklich öffneten. Auch die Maschine des Dampfbootes Actif in America liefs in ihrer Wirkung vor dem Zerspringen nach, die des Dampfbootes Rapide zu Rochefort zeigte am Manometer eine geringere Spannung des Dampfes, und bei der des Dampfbootes Graham waren kurz vorher 20 Pfund Gewicht von Ventile weggenommen worden. Zu Lyon zersprang ein Kessel unmittelbar nachher, als man durch Oeffnen eines Hahns eine Quantität Dampf herausgelassen hatte. Auf gleiche Weise hat man nicht zu bezweifelnde Erfahrungen, dafs Ventile sich heben, was in Folge gröfserer Spannung des Dampfes erfolgen mufste, nachdem man eine Quantität Dampf durch Oeffnen eines Hahns hatte entweichen lassen. Zu Pittsburg in Amerika

---

1 Annuaire pour 1830. p. 137. Daraus in Wiener Zeitschrift. Bd. VII. S. 477. Poggendorff's Ann. XVIII. 287.

Digitized by Google

sprang einer der drei Kessel einer Maschine, nachdem er we- zu geringer zugeführter Wassermenge rothglühend geworden r. In einem von PERKINS mitgetheilten Falle bekam der sel einen Rifs, aus welchem Dampf strömte; er wurde hier- ch etliche Fufs von seiner Unterlage in die Höhe gehoben l zersprang dann in der Luft.

Es scheint, als könne man solchen Unglücksfällen leicht ch Anwendung der seit den ältesten Zeiten bekannten Ven- begegnen, die aus einer auf einer runden Oeffnung auflie- den Scheibe bestehen, welche dann nach Befinden mit wereren oder leichteren Gewichten belastet werden. Die egebenen Beispiele zeigen jedoch, dafs unter Umständen solche fnungen keine zur Sicherung hinlängliche Menge Dampf chlassen, und wollte man die Oeffnungen zu sehr vergrö- n, so würde dieses das genaue Schliefsen erschweren und ugrofse Gewichte erfordern[1]. Aufserdem aber tritt hierbei durch CLEMENT[2] entdeckte Phänomen hindernd ein, wo- h die bedeckende Platte zwar gehoben, durch die atmosphä- he Luft aber so sehr wieder niedergedrückt wird, dafs der tische Dampf in zu geringer Menge entweicht und die ndungen des Kessels seiner Gewalt nicht zu widerstehn mögen. Nach den gesetzlichen Bestimmungen in Frankreich fs ein gufseiserner Dampfkessel bei der Probe, ehe er ge- npelt wird, einen fünffachen, ein kupferner und von Schmie- isen verfertigter aber einen dreimal stärkeren Druck aushal- , als welchem er beim Gebrauch zu widerstehn hat, und noch gewährt dieses keine vollkommene Sicherheit. Ver- he von TREMERY haben nämlich gezeigt, dafs die Cohäsion Schmiedeeisens in mittlerer Temperatur sechsmal stärker ist, bei der Rothglühhitze, und wenn daher ein Theil des Kes- unglücklicherweise bis zu dieser gelangt, so kann er der tandenen Probe ungeachtet zerplatzen. Allerdings könnte n die Probe auch mit Dampf anstellen, statt mit einer Was- pumpe; erstere würde aber unermefslich ausgedehnte Vorrich- gen erfordern und die Probirenden einer sehr nahen Gefahr

---

1 Poggendorff in Ann. a. a. O. S. 303 bemerkt, dafs die Oeff- gen nicht selten zu klein, die überragenden Ränder der bedecken- Scheibe aber zu grofs sind.

2 Vergl. Art. *Pneumatik*. Bd. VII. S. 679.

Digitized by Google

aussetzen, statt dafs bei der Anwendung einer Wasserpumpe auch beim Zerplatzen für die Umstehenden nichts zu fürchten ist. Bei den letzteren Proben wächst aufserdem der Druck allmälig, und sie geben daher keine sichere Auskunft über die Folgen einer plötzlich eintretenden Vergröfserung des Druckes, wie auch über diejenige Stärke, welche das Metall nach längerer Einwirkung der Hitze noch behält. Vor allen Dingen ist daher erforderlich, den Kessel wiederholt zu prüfen und insbesondere das zu vermeiden, was eine plötzliche starke Erzeugung des Dampfes bewirken kann. Aufserdem aber kann das Ventil durch Oxydation oder durch klebrige Substanzen stark adhäriren, und es mufs daher nicht zu lange, wenigstens keine ganze Woche ungeöffnet bleiben. In Frankreich ist zu mehrerer Sicherheit vorgeschrieben, dafs jeder Kessel zwei Ventile habe, deren eins in einem Kasten eingeschlossen ist, wozu blofs der Eigenthümer oder der Maschinist den Schlüssel hat.

Arago nennt unter den Sicherungsmitteln auch die leichtflüssigen Metalle, wovon er jedoch blofs angiebt, dafs sie als Platten in den Kessel eingelöthet werden. Nach der französischen Ordonnanz sollen zwei Platten in jeden Dampfkessel eingesetzt seyn, eine kleinere, deren Schmelzpunct 10° C. höher liegt, als die zur Erzeugung des Dampfes bestimmte Temperatur, und eine gröfsere von abermals 10° höher liegendem Schmelzpuncte. Die gegen sie gemachte Einwendung, dafs ihr Schmelzen ohne übermäfsige Elasticität des Dampfes blofs durch zu grofse Hitze erfolgen könne, mufs um so nichtiger erscheinen, als gerade die partielle übergrofse, bis ans Glühen reichende, Hitze der Kessel ihr plötzliches Zerspringen herbeizuführen pflegt. Zwei andere Einwendungen aber, zuerst dafs das Metall vor seinem Schmelzpuncte erweicht und herausgeschleudert werden könne, wogegen es übrigens durch ein feines Drahtgeflecht geschützt werden soll, und zweitens dafs nach dem Schmelzen des Metalls der Kessel auf einige Zeit bis zur Wiederherstellung unbrauchbar werde, was namentlich für Dampfboote gefährlich werden könne, beruhen nach Poggendorff's Bemerkung auf einer unrichtigen Vorstellung der Sache. Nach der Einrichtung der Sicherungsmittel durch leichter flüssige Metalle, welche ihr wahrscheinlicher Erfinder v. Reichenbach[1] bei

1 Vergl. Schweigger's Journ. XVIII. 276.

Digitized by Google

en Dampfmaschinen in Anwendung brachte, wird das Me-
in konische eiserne Röhren gegossen, die durch Reibung
Dillen festgesteckt sind; das Metall kann also nicht durch-
rückt werden, bis es geschmolzen ist, und die Wiederher-
lung geschieht leicht, indem blofs erfordert wird, einige
he Kegel bereit zu halten und statt der beschädigten in
Dillen zu stecken. Ob es übrigens zweckmäfsig sey, die
richtung so zu treffen, dafs das im Kessel befindliche Wasser
ı dem Schmelzen des Metallgemisches zu den Kohlen ge-
ge und diese auslösche, wage ich aus Mangel an Erfahrun-
hierüber nicht zu entscheiden. Von der einen Seite ist
ır das baldige Auslöschen des Feuers unverkennbar sehr
zlich, von der andern aber verdient die Wirkung der gro-
ı Menge des hierdurch plötzlich erzeugten Dampfes berück-
ıtigt zu werden. Dieses Sicherungsmittel dient übrigens
zur Vermeidung von Unglücksfällen und schliefst die ge-
hnlichen Ventile nicht aus, welche ohnehin zum Herauslas-
des Dampfes unentbehrlich sind. Nach Arago hat man
t der leichtflüssigen Metallplatten auch schwer schmelzbare,
r so dünne Platten vorgeschlagen, dafs sie früher zerreifsen,
der Dampf den ganzen Kessel zu zersprengen vermag. Inzwi-
en sollen die Sicherungsplatten selten gebraucht worden sein,
l sich auf experimentellem Wege schwer bestimmen lasse, welche
ke der Platte bei gegebener Gröfse der Oeffnung erforderlich
[1], oder weil man nicht dafür stehen könne, stets Platten
ı der angemessenen Beschaffenheit zu erhalten. Das Mano-
ter soll als sicherstes Ventil gelten, weil es dem Arbeiter
genblicklich zeigt, ob die bestimmte Grenze überschritten
rd, und wäre es zufällig verstopft, so würde seine gänzliche
wegungslosigkeit, die bei der stets wechselnden Elasticität
Dampfes nicht statt finden kann, dieses anzeigen. Obgleich
ses unzweifelhaft gewifs ist, so möchten wir doch dagegen
nnern, dafs die Arbeiter selbst aus frevelhafter Unbesonnen-
t ebenso gut das Manometer entweder unbeachtet lassen
er gar absichtlich verstopfen können, als sie dieses bei den

---

1 Die Bestimmung müfste aus dem Drucke entnommen werden,
lchen der Dampf gegen einen Quadratzoll der Platte ausübt, aus
r Gröfse der Platte und der Cohäsion des gewählten Metalls. Vergl.
t. *Röhren.* Bd. VII. S. 1402.

Digitized by Google

Ventilen thun; inzwischen kann dieser Mifsbrauch das sehr wichtige und ganz unentbehrliche Manometer nicht überflüssig oder gar unnütz machen. Ein Hauptumstand aber, welcher alle angegebene Sicherungsmittel beschränkt und zuweilen ihre Wirksamkeit ganz aufhebt, soll sogleich näher erörtert werden; denn was Arago über die Nothwendigkeit der einwärts gehenden oder umgekehrten Ventile sagt, ist bereits oben[1] erwähnt worden.

Aus allen diesen Betrachtungen folgt, dafs die Dampfmaschinen nach der erforderlichen Prüfung der Kessel und bei gehöriger Aufmerksamkeit der Arbeiter eine gleiche Sicherheit gewähren, als alle andere grofse Maschinerien; denn dafs auch bei diesen durch Unvorsichtigkeit bedeutende Unglücksfälle und Beschädigungen der Arbeiter und der in ihrer Nähe befindlichen Menschen überhaupt herbeigeführt werden können und oft herbeigeführt werden, ist allbekannte Erfahrung; die beachtlichen Ereignisse dieser Art scheinen nur bei den Dampfmaschinen häufiger zu seyn, weil gerade diese so vielfach angewandt werden und die im Verhältnifs zu ihrer Menge selten zu nennenden Explosionen der Dampfmaschinen allerdings dann, wenn sie sich ereignen, sehr bedeutenden Schaden anrichten. Die Ursachen der vorgekommenen Unglücksfälle liegen offen vor und ebenso die Mittel, sie zu verhüten, allein unerklärt bleiben die Ereignisse, dafs Dampfkessel platzten, nachdem die Elasticität ihres Dampfes geringer geworden war, und selbst während das Ventil sich geöffnet hatte. Arago gesteht selbst, dafs Perkins die höchst wahrscheinliche Ursache dieser Phänomene aufgefunden habe und er selbst daher dessen Meinung mittheile[2]. Die Sache, einfach genommen, beruhet darauf, dafs der Kessel an den Stellen, wo ihn das Wasser berührt, ebenso wie letzteres selbst, keine höhere Hitze annehmen kann, als welche dem Drucke des erzeugten Dampfes angemessen ist. Wenn aber das Feuer auf Theile des Kessels wirkt, die nicht mit Wasser in Berührung sind, so kann der vorhandene Dampf eine weit gröfsere Hitze erhalten, als welche seiner Elasticität zugehört, er ist dann kein gesättigter. Wird derselbe, eben

---

1 S. Art. *Dampfmaschine*. Bd. II. S. 468.

2 Die Abhandlung von Perkins findet man in Edinburgh Philos. Journ. N. XIII. p. 166.

Digitized by Google

ch das Oeffnen des Ventils, zum Theil entfernt, schleudert dann stärker sich entwickelnde Dampf eine Quantität Was- in den stark erhitzten Dampf und bringt er dasselbe mit heifsen Wandungen in Berührung, so tritt plötzlich eine tarke Dampfentwickelung ein, dafs eine Explosion noth- dig erfolgen mufs. Als Beweise der Richtigkeit dieser An- t können die Erfahruugen dienen, dafs Moyle einst die un- n Theile einer auf dem Dampfkessel stehenden Leiter bren- d fand, und ebenso entzündete sich in einem andern Falle Fichtenbret auf dem Dampfkessel des Packetbootes zwischen erpool und Dublin. Perkins selbst mafs bei einem Kessel, welchem nur $\frac{1}{6}$ mit Wasser gefüllt war, das Feuer aber bis eichte, die Temperatur des Wassers mit einem bis auf den len hinabgesenkten Thermometer, und fand sie 104° C., che Wärme auch der Dampf dicht über der Oberfläche des ssers hatte, in der halben Höhe des Kessels aber zeigte das ermometer 260° C. und der Deckel war rothglühend. Dafs dem nach aufgehobenem Drucke schnell aufkochenden Was- losgerissene Tropfen bis in den stark erhitzten höheren m des Kessels geschleudert werden, mufs man nach bekann-

Erscheinungen als gegründet betrachten, und die hierdurch, wie durch die Einwirkung der glühenden Wände plötz- erzeugte unglaubliche Menge von Wasserdampf wird dann sache der erfolgenden gewaltsamen Explosion. Perkins hat nehin diese schnelle Dampfproduction durch directe Versuche t einem Generator erwiesen. Diese Betrachtungen erhalten rigens durch die beobachteten Explosionen volle Bestätigung.

Arago versucht dann weiter den Umstand zu erklären, s mitunter die Kessel in einer nahe über dem Wasserspiegel laufenden geraden Linie abgerissen sind. Nach seiner An- ht liegt die Ursache hiervon darin, dafs bei abnehmender annung des Dampfes der Kessel durch den atmosphärischen ftdruck nach innen gebogen werde, welche Biegung jedoch n mit Wasser gefüllten Theil am wenigsten, den unmittelbar rüber befindlichen am stärksten treffe. Nach plötzlicher mpferzeugung erfolge eine entgegengesetzte Ausbeugung, lche an derselben Stelle abermals am stärksten sey und dann s Zerreifsen herbeiführe. Arago erwähnt, dafs aufserdem ese Linie den Kessel in zwei Zonen von sehr ungleicher stigkeit theile, indem oberhalb derselben das Metall weit stärker

Digitized by Google

erwärmt sey, als das Wasser, allein mir scheint die Hypothese der zuerst nach innen und dann nach aufsen so schnell nach einander erfolgenden Biegungen etwas gewagt und nicht durch die Erfahrung unterstützt. Zuerst ist gar kein Grund vorhanden, in den beiden Fällen zu Lochrin und zu Lyon, wo die oberen Hälften der Kessel in einer genau horizontalen Linie abgerissen waren, ein solches Herabsinken der Elasticität des Dampfes anzunehmen, dafs die nachher zerplatzenden Kessel von aufsen vorher eingedrückt worden wären, zweitens aber werden bei solchen Zusammendrückungen die ganzen Flächen gebogen, bis sie an den schwächsten Stellen, aber nicht in einer geraden Linie, zerreifsen, wie auch aus dem allseitig verbreiteten Drucke nothwendig folgt. Endlich aber müfsten wohl Spuren einer solchen wechselnden Biegung beim Zerplatzen selbst oder an den zerrissenen Kesseln wahrgenommen worden seyn. Dagegen läfst sich mit Grund voraussetzen, da das Feuer von unten her einwirkt, das Wasser aber mehr Wärme ableitet, als der Dampf, dafs unmittelbar über dem Wasser, also in der durch den Rifs bezeichneten Linie, das Metall am heifsesten und seine Cohäsion daher am geringsten seyn mufs. Zudem pflegt Eisen, zunächst zwar nur Gufseisen[1], sobald es partiell erhitzt wird, leicht von selbst und zwar meistens in geraden Linien zu zerspringen, diese gerade Linie war aber in diesen Fällen durch die Grenze der gröfsten Erhitzung über dem abgekühlten Theile bezeichnet. Uebrigens folgt hieraus, dafs vor allen Dingen der Kessel vor einem zu niedrigen Wasserstande verwahrt werden mufs, damit er nicht an einigen Stellen eine zu grofse Hitze annehme. Perkins zeigt daher, wie nothwendig eine in den Kessel hinabgehende, durch einen Hahn verschlossene, Röhre sey, deren Mündung nur bei zu niederigem Wasserstande frei wird und welche daher die drohende Gefahr anzeigt, wenn aus ihr beim Oeffnen Dampf statt Wasser ausströmt.

564) Arago prüft weiter auch die Meinungen anderer berühmter Techniker über das paradoxe Zerspringen der Kessel bei geöffneten Ventilen. Dahin gehört zuerst die von Marestier,

---

1 Die beiden zersprungenen Kessel, worauf sich diese specielle Untersuchung bezieht, waren der Angabe nach von Schmiedeeisen; doch ist dieses bei dem zu Lochrin kaum glaublich, da die Wandungen der Angabe nach *vier Zoll* Dicke hatten.

Digitized by Google

ach das glühende Metall durch das Aufwallen des Wassers
olge des entweichenden Dampfes plötzlich abgekühlt und
erdem die augenblicklich erzeugte Menge des Dampfes durch
glühende Metall gebildet werden soll, statt dafs nach Per-
s der schon vorhandene sehr heifse Dampf die hierzu er-
erliche Wärme hergiebt[1]. Arago wendet hiergegen ein,
nach den Erscheinungen im Leidenfrost'schen Versuche
532) sehr heifses, vor allen Dingen glühendes, Metall das
sser nicht verdampfen macht; allein dieses ist wohl zu ein-
g aufgefafst, denn von der andern Seite zeigt die tägliche
hrung, dafs glühendes Eisen, in Wasser getaucht, letzteres
r gewaltsamem Aufwallen stark in Dampf verwandelt, wobei
elbst schnell abgekühlt wird. Es würde nicht schwer seyn,
e Phänomene in Einklang zu bringen, was ich jedoch der
ze halber übergehe, inzwischen unterliegt es wohl keinem
ifel, dafs die Berührung des heifsen Metalls mit dem kälteren
sser eine Hauptursache der plötzlichen starken Dampfbildung,
die bewirkte Abkühlung des Metalls dann wieder Ursache des
springens sey. Eine andere Hypothese von Gensoul, wonach
Entweichen des Dampfes einen Rückstofs nach der entge-
gesetzten Seite erzeugen soll, welcher nach Art eines Ham-
schlages plötzliches Zerreifsen des stark gespannten Metalles
irke, ist nach Arago deswegen unzulässig, weil sie eine
ausgehende starke Spannung des Dampfes voraussetzt, die
h den Erfahrungen nicht vorhanden ist, wonach vielmehr
eilen ein Nachlassen der Elasticität des Dampfes vorausgeht.
gleich hiergegen erinnert werden könnte, dafs das Oeffnen
Ventile in den Fällen, wo dieses dem Zerspringen voraus-
t, die starke Spannung des Dampfes beweise, so dürfte doch
angegebene Ursache als überflüssig und unstatthaft erschei-
; denn fände ein solcher Rückstofs wirklich statt, so müfs-
sich die Wirkungen desselben bei jedem Oeffnen des Ven-
auf irgend eine Weise zeigen, und ist auf der einen Seite
nal die gewaltsame Entwickelung des Dampfes vorhanden,
genügt diese zur Erklärung des Zerspringens der Kessel, die
ıt wie durch einen Stofs oder Schlag einen Rifs bekommen,

---

1 Nach Dulong genügt letztere wegen der latenten Wärme des
ildenden Dampfes hierzu nicht, wie Arago bemerkt was und an
wohl nicht zweifelhaft seyn kann.

Digitized by Google

sondern durch das expandirte Medium aus einander gerissen werden, welches seine Anwesenheit und Wirkung durch den enormen Knall beurkundet. Nach einer dritten Hypothese[1] soll aus dem durch das erhitzte Eisen der Kessel zersetzten Wasser Hydrogengas gebildet werden, dieses sich mit atmosphärischer Luft mischen und das so gebildete Knallgas nach der Entzündung die Explosion herbeiführen. Hiergegen läfst sich aber anführen, dafs zwar ohne Zweifel Wasserstoffgas gebildet wird, und zwar bei starker Erhitzung des Eisens in nicht geringer Menge, so dafs es, mit dem Dampfe zugleich entweichend, immerhin den langsameren Gang der Maschinen herbeiführen könnte, allein zu seiner Explosion fehlt auf der einen Seite das erforderliche Sauerstoffgas, auf der andern das Mittel der Entzündung. Atmosphärische Luft ist im Kessel nicht in bedeutender Menge vorhanden, und obendrein wird der geringe Theil Sauerstoffgas, welcher aus dieser oder aus der im Wasser enthaltenen Luft entnommen werden könnte, früher durch das heifse Eisen verzehrt, als dieses das Wasser zerlegt; zur Entzündung des Knallgases würde dann aber die erforderliche Glühhitze fehlen, und zu einem elektrischen Funken seine Zuflucht zu nehmen wird wohl niemandem ernstlich einfallen, da noch obendrein die im Wasserdampfe vertheilte, auf jeden Fall geringe, Menge Knallgas überhaupt nicht entzündet werden könnte. Unleugbar dagegen wird in den Hohöfen oft eine grofse Menge Kohlenoxydgas und Kohlenwasserstoffgas erzeugt, dieses verbindet sich leicht mit atmosphärischer Luft zu Knallgas, und mitunter entstehen hierdurch die gewaltsamsten Explosionen, die jedoch mit dem Zerspringen der Dampfkessel nichts zu thun haben. Endlich übersieht Arago bei seiner anführten Untersuchung das Ansetzen des Pfannensteins nicht, welcher nach der gröfseren Verunreinigung des angewandten Wassers in kürzerer Zeit und mit beträchtlich wachsender Dicke erfolgt. Dieser Bodensatz ist schlechter Wärmeleiter, das unter ihm befindliche Metall wird daher übermäfsig heifs und demnach dem Zerreifsen leichter ausgesetzt, aber diese Gefahr wird überdem noch dadurch vermehrt, dafs in dem Ueberzuge Risse entstehn, durch welche das Wasser zum Metalle gelangt und dieses

---

1 Diese ist von Taylor aufgestellt oder vertheidigt worden. S. Edinburgh New Philos. Journ. N. XII. p. 335.

Digitized by Google

seitig abkühlt, wodurch namentlich beim Gufseisen leicht Bersten herbeigeführt werden kann. Im Ganzen geht aus sen Betrachtungen hervor, dafs zwar allerdings die Dampf- schinen Gefahr drohen, die jedoch durch sorgfältige Beach- g leicht vermeidlich wird, weswegen aber nöthig ist, bei en aufmerksame und besonnene Aufseher anzustellen, wie on Watt dringend anempfahl, obgleich sie dieses so wenig bedürfen und ohne äufsere Einmischung ihren regelmäfsigen ng durch sich selbst fortzusetzen scheinen.

Es giebt noch weitere Untersuchungen dieser nämlichen fgabe, z. B. von Hebert[1]; man darf aber annehmen, dafs sie nig oder gar nichts Neues enthalten, da die Aufgabe durch ago mit genügender Vollständigkeit abgehandelt worden ist.

565) Eine für die praktische Anwendung der Dampfma- inen sehr wichtige Frage betrifft das Verhältnifs des zur eugung einer gegebenen Quantität Dampfes erforderlichen fwandes von *Brennmaterial*. Es giebt hierüber *theoretische stimmungen*, wenn man die aus Erfahrungen gefundene nge der durch das Verbrennen der verschiedenen Combusti- en erzeugten Wärme (§. 168) zum Grunde legt und hier- h die Quantität des Dampfes berechnet, welcher durch ein gebenes Brennmaterial gebildet wird. Zwar sind die hiernach echneten Gröfsen sehr abweichend und obendrein in un- timmbaren Verhältnissen verschieden von den Resultaten im ofsen, weil die mitwirkenden Bedingungen sich nicht wohl arf angeben lassen. Aufser den hierüber allgemein bekannten ahrungen will ich mich nur auf Dufour[2] berufen, welcher edenklich den Satz ausspricht, dafs die theoretischen Be- mmungen der Dampfmengen von den in der Praxis vorkom- nden bedeutend abweichen, und auf eine Aeufserung Ara- s[3], wonach die zu dick auf dem Roste aufgehäuften Kohlen grofsem Verluste ihrer Heizkraft eine leicht gefährlich rdende Menge entzündlicher Gase erzeugen. Inzwischen ist nicht überflüssig, für einen, wenn auch nur genähert richti-

---

1 Dingler polytechn. Journ. Bd. XXXIX. S. 88. In dieser Zeit- rift findet man überhaupt alles das sehr vollständig gesammelt, was r Dampfmaschinen verhandelt worden ist; es würde aber zu weit- üig seyn, alle Abhandlungen einzeln aufzuzählen.

2 Bibliothèque univ. T. XXXIV. p. 148.

3 A. a. O. am Ende der Abhandl.

Digitized by Google

gen, Anhaltpunct die hierüber bestehenden Bestimmungen zu kennen. Diese sind daher oben[1] mitgetheilt worden. Weil aber dabei eine falsche Gröfse zum Grunde lag, so sind auch die hieraus abgeleiteten Werthe unrichtig geworden, und ich gebe daher hier die richtigen. Es liefert 1 Kub. Fufs Steinkohlen von 1,45 spec. Gewicht gegen Wasser als Einheit, oder nahe ein Centner, 23652 Kub. Fufs Wasserdampf von der Elasticität der atmosphärischen Luft; 1 Kubikfufs Holzkohlen von 0,25 spec. Gewicht, also etwa 18 Pfund, liefert 4080 Kubikfufs; 1 Kubikfufs Holz von 0,665 spec. Gewicht, also 47,5 Pfund, giebt 5100 Kubikfufs. Ueber den Torf läfst sich nicht viel etwas Bestimmtes angeben, weil seine Güte so ausnehmend ungleich ist. Nach Partington soll der Erfahrung gemäfs 1 Pfund Steinkohlen statt 10 Pfund Wasser nur 7 Pfund in Dampf verwandeln. Werden hiernach die obigen Gröfsen in diesem Verhältnifs reducirt, so giebt 1 Kubikfufs Steinkohlen 16556 Kubikfufs Dampf; 1 K. F. Holzkohlen 2856 Kubikfufs und 1 K. F. Holz 3570 Kubikfufs Dampf von der Elasticität der atmosphärischen Luft.

566) Als bewegende Kraft hat man den Dampf, aufser bei Dampfmaschinen, auch zum Fortschleudern der Geschützkugeln zu benutzen versucht, und eigene *Dampfkanonen* verfertigt. Dasjenige, was hierüber in einem eigenen Artikel bereits[2] mitgetheilt worden ist, bezieht sich hauptsächlich auf das, was Perkins[3] hierin zu leisten versucht hat; das Urtheil fiel aber im Ganzen dahin aus, dafs dieses Mittel keinen bedeutenden Gewinn versspreche. Berücksichtigen wir die seitdem bekannt gewordenen Resultate der französischen Akademiker (§. 534), welche die Elasticität des Dampfes nur bis zu 24 Atmosphären zu treiben vermochten, weil die Liederungen der Gefäfse nicht weiter aushielten, und vergleichen wir damit die Elasticität des glühenden Schiefspulvergases, die zwar nicht leicht genau bestimmbar ist, nach Berzelius[4] aber bei 2,5 Pfund entzündeten Schiefspulvers 2087, bei 2 Pfund aber 2311 Atmosphären betragen soll, so ist

---

1 S. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 480.

2 S. Art. *Dampfkanone.* Bd. II. S. 410.

3 Vergl. Dingler polyt. Journ. Th. XIX. S. 103. Th. XX. S. 105 u. 223.

4 Dessen Jahresbericht. Th. VIII. S. 63.

zed by Google

ıroh wohl ohne Widerrede das ausgesprochene Urtheil ge-
tfertigt, wonach der Dampf niemals bei praktischer Anwen-
g eine gleiche Gewalt ausüben und gleiche oder auch nur
ernt nahe kommende Leistungen gewähren kann. Wir dür-
auch annehmen, dafs dieses durch die Erfahrung bestätigt
denn wenn der Dampf wirklich das leisten könnte, was
ihm versprochen wurde, so hätte man in den vielen seit-
verflossenen Jahren längst Anwendung davon gemacht.
ch Privatmittheilungen ist mir bekannt geworden, dafs auch
len österreichischen Staaten ein Künstler eine solche Kanone
ertigte, welche auf gleiche Weise, als die späteren von
KINS, mit einem Magazine versehen war, aus welchem an
Stelle der eben fortgeschleuderten Kugel sofort eine andere
wonach also zwar viele Kugeln schnell hinter einander
schossen wurden, allein die eigentliche Schwierigkeit der
gabe liegt darin, Dampf von hinlänglicher Elasticität über-
ot und insbesondere so zu bereiten, dafs die Wandungen
Gefäfse bei der nothwenig gesteigerten Hitze hinlänglichen
lerstand leisten, was nach dem jüngsten Beispiele des Zer-
tens von THILORIER's Apparate (§. 470) nicht ohne Ge-
versucht werden kann.

Unterdefs ist dieses Problem einer gründlichen Untersuchung
h PRECHTL[1] unterworfen worden. Dieser berechnet aus den
andtheilen des Schiefspulvers, dafs die daraus entwickelten
bei 0° C. einen 416,6fachen Raum einnehmen[2], und wenn
die Menge Wärme, welche durch das Verbrennen der
le entsteht, und zugleich die specifische Wärme der er-
ten Gase zum Grunde gelegt wird, so würden die letztern
eine Temperatur von 8984° C. gebracht werden, was nach
CHTL beiläufig die Weifsglühhitze einer Schmiedeesse seyn
Durch diese exorbitante Hitze würde dann das Gas auf
90 Atmosphären Druck gebracht werden; allein hierbei ist
Wärmeentziehung durch die Wandungen nicht in Abzug ge-
ht worden, verbrennendes Schiefspulver zeigt keine Weifsglüh-
e, ungefähr nur helles Kirschrothglühen, und diesem ge-
en nach POUILLET (§. 165) nur etwa 1000° C. zu. Wenn
also hiernach das wirkliche Glühen des Schiefspulvergases

1 Jahrbücher des Wiener polyt. Instituts Bd. IX. S. 1.
2 Vergl. Art. *Schiefspulver*. Bd. IX. S. 524.

Digitized by Google

bei seiner Explosion schätzen und demnach etwa auf ein Siebentel herabsetzen, so würde dieses der eben mitgetheilten Bestimmung von Berzelius sehr nahe kommen. Den Einfluss des im Schiefspulver enthaltenen Wassers sucht Prechtl gleichfalls zu bestimmen, gelangt aber zu dem Resultate, dafs wegen Verzögerung des Verbrennens die Kraft des Schiefspulvers hierdurch auf keine Weise vermehrt wird, indem bei wachsender Menge desselben eine zunehmend gröfsere Quantität Wärme zu seiner Verwandlung in Dampf erforderlich ist, so dafs hieraus selbst eine Schwächung der statt findenden Kraft hervorgeht. Erfahrungen mit eigentlich feuchtem Schiefspulver bestätigen dieses vollkommen. Die Verminderung der Wärme durch die Wandungen wächst aufserdem um so mehr, je langsamer das Verbrennen des Schiefspulvers erfolgt, und mufs schon deswegen sehr bedeutend seyn, weil die Gröfse der Oberfläche, an welche sie im Innern des Geschützes übergeht, durch die allmälige Ausbreitung des Pulvergases stets zunimmt, weswegen die gröfste Kraft im ersten Momente der Entzündung statt findet und der Schnelligkeit, womit diese erfolgt, proportional ist[1]. Hierzu nimmt Prechtl noch den Verlust, welcher durch den sogenannten Spielraum erzeugt wird[2] und nach Hutton's Erfahrungen im Minimum $\frac{1}{3}$ und $\frac{1}{4}$, im Maximum aber $\frac{1}{2}$ betragen soll, und gelangt sonach zu dem Resultate, dafs die Elasticität des Pulvergases 1700 bis 2300 Atmosphären in der Wirklichkeit betrage. Wird hiervon eine Anwendung auf den Wasserdampf als bewegendes Mittel gemacht, so müfste derselbe, um

---

1 Es möge hier in Beziehung auf das ballistische Problem bemerkt werden, dafs zwar aus der allmäligen Ausbreitung des Pulvergases in Folge des hiermit verbundenen Wärmeverlustes eine Verminderung der Wurfkraft nothwendig hervorgeht, von der andern Seite aber ein grofser Vortheil aus dem Umstande erwächst, dafs auf die im ersten verschwindend kleinen Zeitmomente langsamer bewegte Kugel das zunehmend sich expandirende Gas fortdauernd wirkt und dadurch die erzeugte Geschwindigkeit stets zunimmt. Bei instantaner Entwickelung des Pulvergases, wenn diese überhaupt möglich wäre, würde die Trägheit der Kugel eine unüberwindliche Reaction ausüben. Hierin liegt die Ursache, weswegen die Knallsalze, ungeachtet ihrer momentanen Explosion, die Kugeln bei weitem nicht so weit fortzuschleudern vermögen, als das Schiefspulver. Vergl. Art. *Ballistik*. Bd. I. S. 702.

2 Der nicht unbedeutende Verlust durch das Zündloch ist nicht besonders erwähnt worden, versteht sich aber von selbst.

Digitized by Google

e gleiche Kraft als das Pulvergas auszuüben, auch eine
iche Spannung, also im Mittel eine von etwa 2000 Atmo-
ären haben. Hierzu würde aber eine Wärme von 856°,25 C.
ören, und wollte man auch nur bis 1000 Atmosphären ge-
, so würde dieses doch noch 662°,5 Hitze erfordern, also
ner eine solche, wobei das Metall glühet, mithin eine solche
rminderung seiner Cohäsion erleidet, dafs es dem erforder-
ren Drucke durchaus nicht widerstehen kann. Prechtl setzt
er 100 Atmosphären als die gröfste erreichbare Elasticität
Wasserdampfes und rechnet jede höhere Steigerung zu den
chanischen Chimären; nach den neuesten französischen Ver-
hen dürfte, wie schon bemerkt, diese Grenze noch tiefer
abzurücken seyn. Ohne den ausführlichen Calcül hier wie-
zugeben, wird es genügen, nur die Resultate herzusetzen.
enn man voraussetzt, dafs der Dampf mit seiner ganzen Kraft
lange auf die Kugel wirkt, bis sie die Mündung des Rohres
läfst, und nicht mit abnehmender Kraft, wie dieses beim
niefspulvergas der Fall ist, so würde eine Spannung von
2 Atmosphären erfordert werden, um der Kugel eine Ge-
windigkeit von 1200 Fufs in der ersten Secunde zu ertei-
; allein die hierzu erforderlichen Bedingungen sind nicht
rklich vorhanden, denn obgleich der Dampf während seiner
sdehnung aus dem Apparate nachströmt, so entweicht doch
Theil neben der Kugel, und zum Ersatz des entweichenden
rde die Bildung von neuem durch zuströmende Hitze er-
dert werden, die in so kurzer Zeit nicht statt finden kann.
ch den mitgetheilten Nachrichten soll der bei Perkins's
rsuchen verwandte Dampf wirklich eine Spannung von 60
nosphären gehabt haben. Prechtl nimmt es als durch
rkins erwiesen an, dafs ein Dampfapparat für einen Druck
1 60 Atmosphären hergestellt werden könne, und das schnelle
bringen der Kugeln, so dafs deren wohl 120 in einer Mi-
e abgeschossen werden können, würde sich gleichfalls be-
rkstelligen lassen, allein die Unbehülflichkeit der Maschine,
en Dampfapparat allein 20 Centner wiegt, das vorausgehende
izen u. s. w. machen sie zum Feldgebrauche nicht geeignet,
h dürfte sie auf Schiffen anwendbar seyn. Bessere Dienste,
int Prechtl, könnten gufseiserne, mit einem gemeinschaft-
ien Behälter communicirende, Röhren leisten, aus denen Ku-
n durch die in dem Behälter mittelst einer Dampfmaschine

Digitized by Google

comprimirte Luft geschossen würden; allein Gufseisen würde auf jeden Fall wohl ohne Ausnahme zu porös und rissig seyn, wie unter anderem auch die französischen Akademiker bei ihren Versuchen (§. 534) wahrnahmen, das luftdichte Schliefsen so complicirter Apparate müfste grofsen Schwierigkeiten unterliegen, ihre Wirkung bliebe stets hinter der der Feuerwaffen zurück, und für ihren untergeordneten Effect würden sie zu viel Raum und zu Bedienung zu viele Zeit erfordern; Gründe genug, warum man sie nicht praktisch eingeführt hat. Die Berechnungen, welche Prechtl für gröfsere Geschütze anstellt, wonach namentlich eine einpfündige Kanone für acht Schüsse in einer Minute, den unvermeidlichen Verlust mitgerechnet, 5,14 Kubikfufs Dampf in einer Secunde erzeugen müfste, die eine dem Feuer ausgesetzte Fläche von 100 Quadratfufs erfordern, zeigen evident, dafs jede Anwendung des Dampfes als ballistisches Mittel im Grofsen für den Felddienst unter die chimärischen Projecte gehört und auch in den Festungen dem Schiefspulver weit nachsteht.

Ueber die praktische Anwendung der mittelst einer Dampfmaschine comprimirten Luft zum Fortschleudern von Geschofskugeln urtheilt Prechtl selbst, dafs ihr unübersteigliche Hindernisse entgegenstehn. Sie liegen hauptsächlich in der Unmöglichkeit, so sehr complicirte Maschinen durchaus luftdicht für eine hierzu erforderliche Compression herzustellen und das Entweichen der Luft neben den Stempeln der Compressionspumpen zu verhüten, wenn man deren Reibung nicht übermäfsig vergröfsern will. Es dürfte hiernach überflüssig seyn, auf die stets wieder erneuerten Vorschläge dieser Art Aufmerksamkeit zu verwenden, da die Hindernisse in der Unausführbarkeit der Hauptbedingungen liegen, wie sinnreich auch sonst ihre Construction seyn mag. Letzteres ist allerdings der Fall bei einem Apparate dieser Art, welchen W. J. Curtis[1] für Schiffe und Festungen, namentlich zur Vertheidigung der Breschen, vorgeschlagen hat. Das Anlockende liegt in der Menge von Kugeln, die in einer kurzen Zeit vermöge des angebrachten Magazins nach Art der tyroler *Windbüchsen*[2] abgeschossen werden können, wobei man aber die Unbehülflichkeit und Unsicherheit der hierzu erforderlichen Maschinen übersieht, und

1 Repertory of Patent-Inventions. T. V. Nr. 28. Jahrbücher des polyt. Instit. T. XIII. p. 289.

2 Vergl. Art. *Windbüchse*.

Digitized by Google

ıt genugsam die Menge der Kartätschenkugeln würdigt, die
t bequemer gleichfalls in kurzer Zeit zu Gebote stehn, wo-
ı aber, wenn es blofs hierauf ankäme, bei dem seit vielen
en statt gefundenen Gebrauche derselben sicher niemals eine
ung mit Sturm erobert worden wäre.

567) Dampfmaschinen sind in neueren Zeiten vorzugs-
se zur Bewegung der in unermefslicher Zahl vorhandenen
sen und kleinen Dampfschiffe und Dampfboote angewandt
den. Sie dienen zum Umdrehn der Räder, die durch die
ction ihrer Schaufeln gegen das Wasser die Schiffe fort-
sen, oder der Schrauben, die sich durch ihre Umdrehung in
Wasser hineindrängen und die Schiffe mit sich fortreifsen,
r zum Treiben derjenigen Maschinen, welche vermöge der
s fortschreitenden Technik vermuthlich in diesem Augenblicke
on erfunden worden sind oder im Verlaufe der Zeit noch erfunden
den und nach vorgängiger Prüfung demnächst zur Anwendung
amen werden. Hierüber ins Einzelne einzugehn würde zu weit
ren, und ich beschränke mich daher darauf, in dieser Beziehung
eine Abhandlung desgelehrten und erfahrenen Barlow[1] zu
weisen, welcher die Geschwindigkeit der Dampfboote je
h ihrer Gröfse, der Kraft ihrer Maschinen und den Bedin-
ıgen, ob sie mit der Fluth oder gegen dieselbe sich bewegen,
ohl durch Berechnung, als auch nach Versuchen zu ermit-
ı sich bestrebt hat. Die *Locomotiven* und deren Gebrauch
Eisenbahnen, die jetzt allgemein in Anwendung kommen,
rgehe ich ganz und bemerke nur deren bekannte gröfste
chwindigkeit. Eine derselben, der Planet, fuhr leer von
erpool nach Manchester, 30 engl. Meilen, in 45 Minuten.
hnen wir die engl. Meile zu 1760 Yards, den Yard zu 3
l. Fufs, so giebt dieses eine Geschwindigkeit von 55,07
. Fufs in einer Secunde. Die Locomotive Snelheid fuhr zu
sterdam leer 2000 Ellen in 86 Secunden. Wird die Elle
306 Par. Linien gerechnet, so giebt dieses 49,42 Par. Fufs in
er Secunde. Eine sehr schöne neue Locomotive war zum Probi-
der Maschine in die Höhe gehoben worden und die Maschine
virkte daher blofs die Umdrehung der Räder. Indem ich die
l der Umdrehungen zählte, und die Gröfse der Peripherie

1 Philosoph. Trans. 1834. p. 309. Vergl. eine andere Abhand-
g in Dingler's polyt. Journ. Th. XXXII. S. 331.

Digitized by Google

mafs, ergab sich die Geschwindigkeit eines Punctes der Peripherie sehr nahe 72 Par. Fufs in einer Secunde. Hiernach ist wohl das Maximum der überhaupt möglichen Geschwindigkeit und aus diesen drei Bestimmungen ein Anhaltepunct gegeben, welcher die Geschwindigkeit zu schätzen und mit andern zu vergleichen gestattet[1]. Blofs beiläufig möge hier noch erwähnt werden, dafs man auch gewöhnliche Wagen auf sehr ebenen Strafsen durch Dampfmaschinen zu bewegen gesucht hat, wie dieses namentlich durch Burstall und Hill mit ihrer sogenannten Dampfkutsche geschah, auf deren Erfindung sie ein Patent nahmen[2]. Endlich hat man den Wasserdampf von höherer Temperatur und das am Verdampfen gehinderte, folglich über den Siedepunct erhitzte Wasser, ebenso wie die Dämpfe anderer Flüssigkeiten und diese letzteren selbst, als stark auflösende Mittel in Anwendung gebracht, zu welchem Ende man sich der *Digestoren* bedient. Zu dem, was hierüber gesagt worden ist[3], kann ich nichts Wesentliches weiter hinzusetzen; am wichtigsten dabei ist der dampfdichte Verschlufs, welcher durch etwas mit Unschlitt geschmeidig gemachten Hanf oder Leinenfäden bis zur Verkohlungshitze dieser Substanzen am besten erreicht wird. Verlangt man noch stärkere Hitze, so wüfste ich kein anderes Mittel, als Blei, und wollte man über den Schmelzpunct dieses Metalles hinausgehn, so würde man sich des Goldes bedienen müssen, dessen Kostbarkeit jedoch eine Anwendung nur zu sehr wichtigen Zwecken gestatten dürfte. Im Uebrigen sind verschiedene Constructionen der Digestoren angegeben worden, die jedoch für die jedesmaligen Zwecke sich leicht finden lassen, sobald die Hauptprincipien einmal feststehn[4].

4) Gasbildung; Gasification.

568) Bei weitem die meisten Schriftsteller gestatten keinen Unterschied zwischen Gasen und Dämpfen, bezeichnen beide durch den Namen *Gas*, und diejenigen scheinen sich von der fast allgemein angenommenen Ansicht zu entfernen, die einen Unterschied zwuschen beiden annehmen. Wäre diese Mei-

---

1 Vergl. Art. *Geschwindigkeit*. Bd. IV. S. 1351.

2 Edinburgh Philos. Journ. N. XXVI. p. 349.

3 S. Art. *Digestor*. Bd. II. S. 544.

4 Vergl. Jahrbücher des polytechn. Instituts. Th. XI. S. 316. Th. XV. S. 205. Laboratorium. Hft. XXXVI.

Digitized by Google

g unwidersprechlich und so fest begründet, dafs kein Zwei-
lagegen statt finden könnte, so dürfte auch neben der Un-
ıchung der Dampfbildung nicht zugleich von der Gasification
Rede seyn, beide wären vielmehr als identisch zu betrach-
und wir müfsten annehmen, dafs die Gase auf gleiche
se durch Auflösung tropfbarer Flüssigkeiten in Wärme er-
t würden, als dieses bei den Dämpfen der Fall ist. Die
se Aehnlichkeit beider Arten von Körpern und die un-
ifelhafte Thatsache, dafs verschiedene Gase durch Vermin-
ng der Temperatur oder Vermehrung des Druckes in tropf-
Flüssigkeiten verwandelt werden, spricht sehr zu Gunsten
er Ansicht, und nach der Vorstellung, die wir uns, aner-
ıten Thatsachen gemäfs, von der Wirksamkeit des Wär-
offes machen müssen, können wir nicht wohl umhin, die
ansion sowohl der Gase, als auch der Dämpfe von der
me abzuleiten, wodurch also jeder wesentliche Unterschied
chen ihnen aufgehoben scheint. Allein aufser dem, was
iber bereits gesagt worden ist[1], führt eben die Erzeugung
cher Gase, verglichen mit der der Dämpfe, zu einem Un-
hiede beider, den man ehemals nicht unangemessen da-
h bezeichnete, dafs man die Gase für eine innigere, auch
chemische genannte, Verbindung der Körpermolecüle mit
Wärmestoffe ansah, als die Dämpfe. Wenn z. B. Sauer-
gas durch Glühen aus Braunstein ausgetrieben wird, so liegt
ehr nahe bei der Sache, anzunehmen, dafs die hierzu ver-
dte Wärme den Molecülen des Sauerstoffs auf gleiche Weise
ansion mittheile, als dieses bei der Erzeugung des Dampfes
Wasser der Fall ist; allein für absolut ausgemacht kann
es nicht gelten, denn die Wärme könnte auch auf gleiche
se die Verbindung des Sauerstoffgasses mit dem Magnesium
aufheben und eine Trennung beider auf gleiche Weise
irken, als dieses bei der durch verschiedene Körper absor-
n Luft geschieht, ohne dasselbe aus einer Flüssigkeit, wie
er Dampfbildung, ganz eigentlich zu erzeugen. Sofern also das
rstoffgas noch nicht tropfbar-flüssig dargestellt ist, kann auch
t als ausgemacht gelten, dafs es ursprünglich einer tropfbaren
sigkeit zugehöre und durch Erhöhung der Temperatur über dem
kannte Siedepuncte derselben genau auf gleiche Weise, als

---

1 Vergl. Art. *Dampf.* Bd. II. S. 282.

Digitized by Google

dieses bei dem Dämpfen der Fall ist, gebildet werde. Dennoch aber läfst sich auch kein wesentlicher Unterschied beider auf diese Thatsache gründen; denn auch das kohlensaure Gas wird durch Hitze aus kohlensauren Salzen geschieden und läfst sich dennoch durch vermehrten Druck tropfbar-flüssig darstellen.

569) Von der andern Seite betrachtet bieten sich allerdings Unterschiede dar, die der scharfsinnige Forscher nicht übersehen kann. Zuerst zeigen die eigentlichen Dämpfe überall, von den dünnsten, z. B. des Quecksilbers, bis zu den dichtesten, z. B. des Aethers, des Schwefelkohlenstoffs u. s. w., ein gewisses Verhältnifs zwischen den Temperaturen und den Dichtigkeiten sowohl, als auch den Elasticitäten, welches anderen Gesetzen folgt, als diejenigen sind, die sich bei den Gasen zeigen. Werden die Dämpfe comprimirt, so scheidet sich ein Theil tropfbar-flüssig aus, ohne dafs Elasticität und Dichtigkeit bei gleichbleibender Temperatur eine Aenderung erleiden, was bei den Gasen nie der Fall ist. Man könnte sagen, dieses beruhe blofs auf dem Umstande, dafs wir die permanenten Gase nicht im Zustande ihrer Sättigung kennen und sie also für Dämpfe halten müfsten, die in allen uns zu Gebote stehenden Temperaturen durch Wärme bereits über diesen Punct der Sättigung hinausgerückt seyen; allein so lange wir diesen Zustand der Sättigung oder das Maximum ihrer Dichtigkeit nicht kennen, läfst sich auch nicht mit Gewifsheit behaupten, dafs derselbe vorhanden sey, wenn sich auch immerhin Wahrscheinlichkeitsgründe dafür beibringen lassen. Allerdings sind bereits einige sogenannte permanente Gase durch verstärkten Druck tropfbar-flüssig gemacht worden, allein diese Versuche sind noch nicht genügend zahlreich, und zugleich hat man das Verhalten, welches die so gebildeten Flüssigkeiten zeigen, wegen der dabei obwaltenden Schwierigkeiten noch nicht genugsam geprüft, um mit Sicherheit zu entscheiden, ob dasselbe ganz demjenigen gleich ist, welches wir bei den unter gewöhnlichem Drucke tropfbaren Flüssigkeiten gewahren; vielmehr scheinen sich allerdings hierbei Unterschiede herauszustellen, die jedoch gleichfalls bei weitem noch nicht genügend constatirt sind. Beispielsweise führe ich nur diejenigen Erscheinungen an, welche Thilorier[1] bei der flüssigen Kohlensäure wahrnahm, wenn auch

1 L'Institut 1835. N. 126. p. 357. N. 127. p. 331. Poggendorff's Ann. XXXVI. 141. Vergl. §. 470.

Digitized by Google

se Angaben sich nicht mit absoluter Sicherheit verbürgen
en. Merkwürdig ist schon der Umstand, dafs die flüssige
hlensäure durch Wärme stärker, als das Gas, ausgedehnt
rden soll. Wäre dieses bei allen denjenigen Flüssigkeiten
Fall, aus denen Gase entstehn, so würden diese und dem-
h mittelbar auch die aus ihnen entstandenen expansiblen
ssigkeiten sich von denen wesentlich unterscheiden, die
durch Wärme in Dämpfe verwandeln; jedoch ist ein ähn-
es Verhalten bei der schwefligen Säure bis jetzt wenigstens
ht beobachtet worden. Merkwürdig ist ferner die für zuneh-
nde Temperaturen so enorm wachsende Dichtigkeit der über
flüssigen in Dampfform sich befindenden Kohlensäure, denn
0° C. beträgt das Volumen, welches einen gegebenen Raum
illt, $\frac{1}{172}$ desselben, bei 30° C. aber $\frac{1}{2}$, so dafs also ihre
chtigkeit durch eine Temperaturerhöhung von 30° C. um das
rfache wächst, und auf gleiche Weise nimmt auch ihre
sticität (zwischen 0° bis 30° C. von 36 bis 73 At-
sphären zu. Allerdings läfst sich hiergegen sagen, dafs die
hlensäure, um als Dampf aus der Flüssigkeit gebildet zu
rden, schon eines sehr starken Druckes bedarf, und
rklich bedarf auch der Wasserdampf nach einer genäherten
rechnung nur etwa 60° C. Temperaturerhöhung, um im Zu-
nde der Sättigung von der zu 30 Atmosphären gehörigen
sticität bis zu 73 Atmosphären zu wachsen. Immerhin aber
ibt das Verhalten der festen Kohlensäure ein eigenthümliches,
ern sie, unter atmosphärischem Drucke im festen Zustande
stirend, durch Wärmezufluſs von aufsen nicht tropfbar-
ssig und dann in Dampf verwandelt wird, sondern unmit-
bar zur Expansion übergeht. Dürfen wir annehmen, dafs
Temperatur der festen Kohlensäure durch ihre eigene Ver-
npfung = — 100° C. ist, so müfste sie nach der Analogie
derer Flüssigkeiten bei unverändertem Drucke einen höher
genden Schmelzpunct und einen noch höher liegenden Sie-
punct haben; allein nach Parry (§. 507) zeigte sich weder
Eine noch das Andere bei einer Temperatur von — 45° C.,
nnoch aber gewahrte er in dieser Kälte einige weifse Flocken,
wohl nur feste Säure seyn konnten. Unverkennbar merk-
irdig sind allerdings die Erscheinungen, welche die Kohlen-
ure in ihrem dreifachen Aggregatzustande darbietet, nament-
h insofern sie hierbei von ungleicher Wärme ist, und mit

Digitized by Google

tropfbaren Flüssigkeiten vereint zur Expansion übergeht. Verdienen Mitchell's[1] Versuche volles Vertrauen, so bracht flüssige Kohlensäure beim Festwerden die Temperatur auf — 65° C.; würde aber dem Wasserdampfe oder dem Dampfe irgend einer sonstigen Flüssigkeit unter einem Drucke von etwa 60 Atmosphären plötzlich freie Expansion gestattet, so würde sicher die vorhandene tropfbare Flüssigkeit hierdurch nicht in Eis verwandelt werden. Die gröfste, durch die Bildung des kohlensauren Gases aus der festen Kohlensäure an freier Luft erzeugte Kälte ging bis — 78° C., und selbst dann, wenn die Verflüchtigung durch Einwickeln in Baumwolle bedeutend verzögert wird, findet kein Uebergang zum Flüssigkeitszustande statt. Wird die Verdampfung der festen Kohlensäure durch Wegnahme der Luft unter der Luftpumpe gesteigert, so geht bei einer äuferen Temperatur von 30° C. die Kälte bis — 93°,5 herab. Feste Kohlensäure mit Alkohol erzeugte eine Kälte von — 76° C., durch Gegenblasen erhöht ging sie bis — 79° und unter der Luftpumpe bis — 92°,25, mit Aether aber unter der Luftpumpe bis — 99° C. herab, mithin noch tiefer, als durch eigene Expansion für sich allein. Das Verhalten anderer, durch hohen Druck tropfbar gemachter Gase ist entweder gar nicht oder noch keineswegs genügend untersucht worden, und wir wissen nicht, welche Unterschiede ihres Verhaltens gegen das anderer Dämpfe sich hierbei zeigen könnten. Dagegen kennen wir noch einen Körper, welcher weit auffallender, als die Kohlensäure, aus dem Zustande der Starrheit unmittelbar und mit Uebespringung des tropfbar-flüssigen Zustandes in den der Gasform übergeht, nämlich den Salmiak, welcher, unter gewöhnlichem Drucke und selbst im Vacuum fest, durch Hitze in Gas verwandelt wird, ohne eine Zersetzung zu erleiden. So viel ich weifs, hat man noch nicht versucht, dieses Gas durch starke Compression oder hohe Kältegrade tropfbar-flüssig zu machen, möglich ist es aber, dafs es sich hierbei ebenso, als die Kohlensäure, verhalten würde. Wäre aber das Verhalten aller Gase und Dämpfe vollkommen identisch, so müfsten wir Eis, feste Kohlensäure und Salmiak in Parallele setzen können, alle drei müfsten durch Temperaturerhöhung, wenn auch durch ungleiche, tropfbar-flüssig und dann expansibel werden; allein ein solcher

1 Silliman Amer. Journ. T. XXX. p. 352.

Digitized by Google

ständiger Parallelismus ist nach meiner Ansicht nicht wirk-
vorhanden, und so lange dieser fehlt, ist ein Unterschied
schen Gasen und Dämpfen nicht gänzlich in Abrede zu
en. Immerhin ist vielmehr das Verhalten der Gase, die
s höheren Druckes zum Uebergange in den Flüssigkeitszu-
d bedürfen, ein anderes, als das der Dämpfe, die schon
r gewöhnlichem Drucke in diesen Zustand übergehn.

Es giebt jedoch Gase, die unter gewöhnlichem Drucke und
mittleren Temperaturen als permanent elastisch erscheinen,
noch aber durch blofse Anwendung hoher Kältegrade den
nalen Uebergang zur Tropfbarkeit zeigen, und deren Ela-
tät dann ganz nach Art der Dämpfe mit steigender Wärme
mmt. Aufser dem, was hierüber (oben §. 507) bereits
getheilt worden ist, verdienen hauptsächlich noch diejenigen
ltate beachtet zu werden, welche Bunsen[1] aus seinen
erdings angestellten Versuchen erhalten hat. Dieser brachte
in Glasrohr ein Manometer, zog das Rohr in zwei feine
zen an beiden Enden aus, legte es in einen Trog mit Käl-
schung, wodurch er die Temperatur bis — 50° C. herab-
hte, füllte dasselbe mit dem ausgetrockneten Gase, welches
darin bis zur tropfbaren Flüssigkeit verdichtete, schmolz
Spitzen des Rohres zu und mafs die der steigenden Wärme
hörige Elasticität mittelst des Manometers. Nur mit vier
en gelang ihm dieses Verfahren, und sie gaben die in fol-
ler Tabelle enthaltenen Resultate, wobei die Elasticitäten
Metern angegeben sind, also 0,76 Meter den Siedepunct
ichnen.

---

1 Poggendorff's Ann. XLVI. 97.

Digitized by Google

Temperatur	Elasticitäten. Schweflige Säure	Cyan	Ammoniak
— 33°,7 C.	. . . . .	. . . . .	0,749 Met.
— 30	. . . . .	. . . . .	. . . . .
— 25	. . . . .	. . . . .	. . . . .
— 20	. . . . .	0,80 Met.	. . . . .
— 15	. . . . .	1,10 —	. . . . .
— 10	0,78 Met.	1,41 —	. . . . .
— 5	1,11 —	1,73 —	3,04 —
0	1,48 —	2,07 —	3,61 —
+ 5	1,91 —	2,44 —	4,26 —
+ 10	2,39 —	2,88 —	4,98 —
+ 15	2,93 —	3,33 —	5,78 —
+ 20	3,54 —	3,80 —	6,67 —
+ 25	4,20 —	. . . . .	. . . . .

Auch die Elasticität des kohlensauren Gases über dem liquiden ist durch MITCHELL[1] gemessen worden, ohne dafs ich jedoch anzugeben vermag, welches Vertrauen diese Versuche verdienen. Hiernach ist dieselbe bei 0° C. = 32 Atmosphären, bei 7°,22 = 45, bei 18°,89 = 60, bei 30° C. = 72 Atmosphären.

Mögen wir uns hiernach für berechtigt halten, die sogenannten permanenten Gase als identisch mit den Dämpfen zu betrachten oder einen Unterschied zwischen beiden anzunehmen, immerhin ist mindestens im höchsten Grade wahrscheinlich, dafs beide ihren Expansionszustand durch die Wärme erhalten und diese demnach als Ursache desselben gelten kann. Kommt es aber auf die Beantwortung der Frage an, auf welche Weise die Wärme den Expansionszustand herbeiführe und wie sich dieselbe dem Wesen nach hierbei verhalte, so ist darüber bereits das Erforderliche gesagt worden[2], und die Hypothesen, welche HERAPATH[3] in dieser Beziehung aufstellt, dürften zu wenig Befriedigung gewähren, um genauer erörtert zu werden.

---

1 Silliman Amer. Journ. T. XXXV. p. 354.

2 S. Art. *Gas*, *Wesen der Gasform.* Bd. IV. S. 1048 ff.

3 Annals of Philos. New Ser. N. I bis IV. p. 197. Vergl. 1835. Dec. p. 466.

Digitized by Google

5) Chemische Wirkungen der Wärme.

570) In einem eigenen Abschnitte war oben (§. 117) von Wärmeerzeugung durch Chemismus ausführlich die Rede. den dort angeführten Thatsachen geht hervor, dafs durch nische Verbindungen, die nicht mit den kälteerzeugenden ngen zu verwechseln sind, bei gleichzeitig statt findender lichtung, selbst aber auch Verdünnung, Wärme frei wird, us der innige Zusammenhang zwischen dem Chemismus der Wärme hervorgeht. Hierbei ist aber die Wärme das ugte, das Hervorgerufene; hier dagegen, wo von den Wir- gen der Wärme die Rede ist, mufs diese die Ursache seyn, he chemische Verbindungen erzeugt. Auch hiervon war zu- en beiläufig die Rede, und es ist allzubekannt, wie oft die miker von Verbindungen reden, die nur bei gewissen hö- n Temperaturen oder, wie es heifst, in der Hitze erzeugt den. Da diese aber zunächst in das Gebiet der Chemie ge- n, es überhaupt zu weit führen würde, alle die Fälle auf- ählen, in denen die Trennungen und Verbindungen der Kör- durch Wärme möglich gemacht und erleichtert werden, hier haupt nur von der Aufstellung der allgemeinen physikali- n Gesetze die Rede seyn kann, so wird es genügen, blofs pielsweise zu erwähnen, wie unter anderem das Eisen nur h die Glühhitze vermocht wird, sich mit dem Sauerstoff atmosphärischen Luft zu verbinden, das Wasser zu zerle- , den Schwefel im Zinnober vom Quecksilber zu trennen . w., wegen des Ganzen aber dahin zu verweisen, wo diese gabe bereits genügend untersucht worden ist[1].

Die *Erzeugung des Lichtes durch Wärme* in den glü- den Körpern oder die Erregung der Lichtwellen wollen wir t in einem eigenen Abschnitte aufführen, da man gewohnt die Strahlen der leuchtenden Wärme mit den Lichtstrahlen identisch oder genau zusammenfallend zu betrachten, und r das Verhältnifs zwischen Licht und Wärme oben in den chnitten, worin der Ursprung der Wärme und ihr Verhal- erörtert wurden, ausführlich gehandelt worden ist.

---

1 S. Art. *Verwandtschaft*. Bd. IX. S. 1869 u. 2023.

6) Erhaltung und Beförderung des vegetabilischen und animalischen Lebensprocesses.

571) Wie durch den Chemismus Wärme erzeugt und umgekehrt chemische Verbindungen durch Wärme bedingt werden, ebenso ist dieses auch in Beziehung auf den Lebensprocefs der Fall. Wollen wir da, wo es sich um allbekannte Dinge handelt, unnöthige Weitläuftigkeit vermeiden, so genügt es, zuvor nur kurz zu bemerken, dafs die Wärme im Allgemeinen die Möglichkeit des vegetabilischen und animalischen Lebensprocesses bedingt, denn bei absoluter Abwesenheit sowohl, als bei übermäfsiger Intensität derselben hört er gänzlich auf, da es schon Puncte auf der Erde giebt, wo alles vegetabilische Leben gänzlich erstorben ist, und nur wenige Classen von Animalien sich meistens in und auf dem wärmeren Meereswasser zu erhalten vermögen, von der anderen Seite aber hohe Grade der Hitze, wenn sie nur den Siedepunct des Wassers erreichan, alle diejenigen Verbindungen der Körper zerstören, die des Lebensprocesses fähig sind. Die Wärme steht aber mit dem Lebensprocesse in noch näherer ursächlicher Verbindung, indem es eine gewisse mittlere Stärke derselben giebt, die am geeignetsten ist, den Ursprung, das Wachsen und das Gedeihen des vegetabilischen Lebens zu befördern, während über die Grenzen dieses mittleren Zustandes hinaus sowohl durch Vermehrung als auch durch Verminderung der Wärme ihre vortheilhafteste Wirksamkeit abnimmt und zuletzt verschwindend in Zerstörung übergeht. Die Pflanzenwelt erträgt allerdings weit leichter höhere Wärmegrade, als die Thiere, und doch erstreckt sich dieses nur auf einige Species; dagegen widerstehn die Animalien leichter einer intensiveren Kälte, wenn sie gegen den unmittelbaren Einfluss derselben durch genügende Bekleidung geschützt sind. Inzwischen ist dieser Gegenstand in Beziehung auf die Vegetabilien bereits an zwei Orten, wo er nothwendig berücksichtigt werden mufste, bei der Untersuchung des *Klima's*[1] und der *Temperatur*[2], genügend untersucht worden,

---

1 S. Art. *Klima*. Bd. V. S. 895.

2 S. Art. *Temperatur*. Bd. IX. S. 354. Unter vielen andern ist eine interessante Abhandlung über diesen Gegenstand die von Bard über die Verbreitung des organischen Lebens im Recueil des Actes de la

Digitized by Google

rücksichtlich der Animalien gab die Untersuchung der thie-
hen Wärme eine schickliche Gelegenheit, hierüber zu han-
n. Daneben aber verdient dieser Gegenstand auch in der
nderen Beziehung die Aufmerksamkeit des Beobachters, als
len auf der höchsten Stufe irdischer Wesen stehenden Ani-
ien Ursache und Wirkung weise gegen einander abgewogen
l, indem diese die zu ihrer Existenz erforderliche Wärme aus
selbst produciren. Bei den minder vollkommen organi-
n Thierclassen ist dieses weniger der Fall, sofern bei ihnen
Winterschlafe die erforderliche Wärmeproduction abnimmt,
chzeitig hiermit aber auch die Intensität ihres Lebenspro-
es. Der vollendetste Organismus zeigt sich dagegen bei
Menschen, sofern diese, besser als alle übrige Thiere, den
flüssen der verschiedensten Temperaturen widerstehn. Bei
n, wie bei den warmblütigen Thieren überhaupt, verdient
lich auch der Umstand bewundernde Beachtung, dafs nach
m höchst merkwürdigen Naturgesetze die Production und
sumtion der Wärme sich insofern das Gleichgewicht halten,
eine nachtheilige Anhäufung sowohl, als auch Entziehung
rhalb gewisser Grenzen nicht statt finden. Becquerel und
schrt[1] (§. 198) stellten mit ihrem thermoelektrischen Ap-
te, der zugleich mit einem Sorel'schen verbunden war, eine
he von Versuchen an, aus denen diese Beständigkeit der
schlichen Wärme augenfällig herhvorging. Das Innere der
dhöhle, wenn man die eine Löthstelle der vereinten Drähte
liese brachte, die andere aber in Wasser von bestimmter
rme senkte, fanden sie zum Messen der animalischen Wär-
sehr geeignet. Wurde der Arm eines Menschen in Wasser
schen 0° und 10° C. getaucht, so änderte sich die Wärme
Biceps binnen einer Stunde nicht merklich, und ebenso
ig war dieses der Fall, wenn er in Wasser von 42° C.
nkt war. Safs der Mensch 20 Minuten in einem Bade von
C., so stieg die Wärme des Muskels nur um 0°,2 bis
, und auch dann, als die Löthstelle neben einer Vene ein-
eckt war, aus welcher durch Venensection Blut gelassen
de, sank die Temperatur nicht merklich.

---

ce publique de l'Acad. Imp. des Sciences de St. Petersb. 1839.
45 ff.

1 Compt. Rend. 1838. Avr. 9.

Digitized by Google

7) Wirkungen der Wärme auf Magnetismus und Elektricität.

572) Der innige Zusammenhang der Wärme mit elektrischen, magnetischen und magnetoelektrischen Erscheinungen ist eine sehr bekannte und in diesem Werke bereits hinlänglich berührte Thatsache, weswegen es im Ganzen genügen wird, hierauf zu verweisen. Wollen wir die Hauptpuncte hier nochmals bezeichnen, so möge zuvor bemerkt werden, dafs nach der Ansicht einiger Physiker Magnetismus und Elektricität ihrem Wesen nach identisch sind, welche Ansicht wir nun nicht theilen, inzwischen ist der Unterschied dieser Meinungen hier auf jeden Fall von keiner Bedeutung und möge nur zur Rechtfertigung dienen, wenn wir die Wirkungen der Wärme auf den Magnetismus von denen trennen, die sie auf die Elektricität ausübt.

Der Einfluſs der Wärme auf den Magnetismus ist in einem eigenen Abschnitte[1] ausführlich erörtert worden und die zahlreichen Untersuchungen führen im Ganzen zu dem Resultate, dafs die magnetische Kraft künstlicher Stahlmagnete, wie auch die Anziehung des Eisens durch Wärme vermindert, durch Glühhitze aber gänzlich aufgehoben wird. Diese Thatsache darf wohl als unerschütterlich feststehend gelten, ob aber auf gleiche Weise anzunehmen ist, dafs die magnetische Kraft mit der Verminderung der Temperatur fortdauernd wachse, wenn man zu Graden sehr intensiver Kälte übergeht, ist wohl noch nicht auf gleiche Weise constatirt, mindestens spricht eine interessante Beobachtung von Ross[2] dagegen, wenn anders der darauf gebauete Schluſs richtig ist. Derselbe lieſs zu Fury-Bay 12 Magnetnadeln zurück und fand, als er sie bei seiner Rückkehr wieder untersuchte, ihre magnetische Kraft gänzlich verschwunden, was er der strengen Kälte beimiſst, welcher sie während der längeren Zeit ausgesetzt waren. Die Frage verdient durch wiederholte Versuche näher erörtert zu werden.

573) Ungleich bekannter und weit wichtiger ist die Wirkung, welche die Wärme auf die Erregung und das Verhalten der Elektricität bei verschiedenen Körpern äufsert. Seit den

---

1 S. Art. *Magnetismus.* Bd. VI. S. 836.

2 Appendix to a second Voyage cet. p. CIX.

Digitized by Google

sten Zeiten ist bekannt, dafs die zur Reibungselektricität ıenden Apparate durch Erwärmung für ihren Zweck weit gneter werden. Genau genommen ist dieses wohl aus- liefslich die Folge der besseren Isolirung, denn auch die en sogenannten idioelektrischen Körper zeigen zuweilen gar ıe Elektricität, sobald ihr Feuchtigkeitszustand eine gewisse nze erreicht[1], abgesehn davon, dafs die feuchte Luft die ktricität zu sehr zerstreut, nicht genügend isolirt, daher ihre nnung hindert und zuletzt gänzlich aufhebt. Der Hauptsa- nach dürfen wir unbedenklich hierbei stehn bleiben; denn tzt auch es sey durch Becquerel's und meine eigenen suche[2] erwiesen oder mindestens wahrscheinlich gemacht, die Wärme in allen Körpern Spuren von Elektricität her- ufe, so sind diese doch auf jeden Fall zu schwach, als sie der durch Reibungsmaschinen erzeugten eine mefsbare fse hinzusetzen könnten. Ferner kannte man schon seit umer Zeit die sogenannte *Krystallelektricität*, die zuerst *Turmalin* wahrgenommen wurde, und welcher daher ein ner Artikel gewidmet ist[3].

Die Aufgabe in ihrem ganzen Umfange und in ihrer ei- tlichen Wesenheit, sofern es sich um die Erregung der ktricität sowohl im Turmalin, als auch in sonstigen Kry- en handelt, namentlich um die Beziehung derselben zur e der Axen und zur Krystallform derselben, kann hier nicht Untersuchung kommen, wo zunächst von den Wirkungen

---

1 Wenn ich bei meinen Versuchen in Poggendorff's Ann. XXII. bemerkte, dafs einige Feuchtigkeit die erzeugte Thermoelektrici- zu verstärken scheine, so steht dieses mit dem bekannten nach- igen Einflusse der Feuchtigkeit nicht im Widerspruche; denn erst- ist dabei von einem stark feuchten Zustande nicht die Rede, und tens sind jene elektrischen Erregungen so schwach, dafs sie für ıungen der Maschinenelektricität gänzlich verschwinden.

2 Vergl. §. 471 und die daselbst befindlichen Nachweisungen. ıuerel geht in dieser Beziehung wohl zu weit, wenn er in Traité rimental de l'Électricité et du Magnétisme. Par. 1840. T. VI. 51 sagt: *La chaleur et l'électricité dérivant du même principe,* ıt *toutes les apparences, et manifestant souvent leur action en e temps etc.*, im Allgemeinen aber läfst sich seit der Entdeckung Thermoelektricität der innige Zusammenhang beider nicht ver- ıen.

3 S. Art. *Turmalin*. Bd. IX. S. 1088.

Digitized by Google

der Wärme die Rede ist, und wir müssen uns daher begnügen, nur die vorzüglichsten Arbeiten, wodurch unsere Kenntnifs dieses Problems neuerdings erweitert worden ist, im Allgemeinen anzuzeigen. An die bereits genannten gründlichen Untersuchungen von Brewster [1] und Becquerel [2] schliefst sich eine mehr beschränkte von Köhler [3] an, welche sich auf den Turmalin, das Kieselzinkerz und den Boracit bezieht. Blofs dem Turmalin gewidmet ist eine ausführliche Abhandlung von G. Rose [4], welche jedoch zunächsr die Bestimmung seiner Krystallform und deren verschiedene Modificationen, zugleich aber das damit in genauester Verbindung stehende thermoelektrische Verhalten desselben berücksichtigt. Nach einer grofsen Zahl von Versuchen läfst sich die Art der Elektricität, welche die beiden Enden der Turmalinkrystalle durch Erwärmung und Wiederabkühlung annehmen, auch ohne Versuche aus der Krystallform im voraus bestimmen, indem die Flächen des gewöhnlich vorkommenden dreiseitigen Prisma's und des Rhomboëders hierfür einen Anhaltepunct darbieten. Das Ende der Turmalinkrystalle, an welchem die Flächen des Hauptrhomboëders auf den Flächen des dreiseitigen Prisma's aufgesetzt sind, wird bei abnehmender Temperatur negativ, also bei zunehmender positiv elektrisch; dasjenige Ende dagegen, an welchem die Flächen des Hauptrhomboëders auf den Kanten des dreiseitigen Prisma's aufgesetzt sind, wird bei abnehmender Temperatur positiv, bei zunchmender also negativ. Uebrigens ist die Stärke der Elektricität keineswegs bei allen gleich, sondern wechselt von sehr grofser Intensität bis zu kaum wahrnehmbaren Spuren. Starke Elektricität zeigen solche Krystalle, die im Innern rein und nicht klüftig sind, also einen muschligen Bruch haben. Dahin gehören die hellgefärbten und durchsichtigen Krystalle, welche die schwarzen und undurchsichtigen in dieser Beziehung weit übertreffen. Inzwischen scheinen auch andere unbekannte Bedingungen mitzuwirken, indem unter den schwarzen manche zwar sehr rein, dennoch aber nur schwach

---

1 S. Art. *Turmalin*. Bd. IX. S. 1094. Die Abhandlung findet man auch in Poggendorff's Ann. II. 297.

2 S. Art. *Turmalin*. Bd. IX. S. 1097.

3 Poggendorff's Ann. XVII. 146.

4 Ebend. XXXIX. 285.

Digitized by Google

ktrisch sind[1]. Einen schätzbaren Beitrag zur Erweiterung serer Kenntnifs der Krystallelektricität hat P. Erman[2] ge- fert. Dieser untersuchte zuerst den *Marekanit*, und fand ei die sonderbare Eigenschaft, dafs derselbe bald durch Rei- n auf Tuch elektrisch wurde, bald gar keine Spur von ktricität zeigte und in dieser Veränderlichkeit anscheinend ne irgend einen Grund wechselte. Letzterer lag aber nach scheidenden und unzweideutigen Versuchen in dem Ein- sse der ungleichen Temperatur, wonach diese Krystalle, so- hl die hellen, als auch die trüben, unter 15° vollständig tend sind, über dieser Temperatur aber zu isoliren anfangen d bei 30° in vollkommene Isolatoren übergehn. Der Ge- nke lag sehr nahe, dafs ihr Leitungsvermögen bei geringerer ärme eine Folge vorhandener Feuchtigkeit sey, die bei hö- er schwinde, allein directe Versuche bewiesen die Unzuläs- keit dieser Voraussetzung. Eben diese Eigenthümlichkeit gte sich auch mehr oder weniger entschieden bei den *Ob- lianen*, bei vielen *Laven* und im hohen Grade beim *Di- roit*; vermuthlich aber liegt in der hierdurch erzeugten Unsi- erheit der Grund, weswegen die Mineralogen auf das elektri- ie Verhalten der Fossilien, als Kennzeichen, keinen hohen erth legen. Nach Erman ist diese Eigenthümlichkeit sehr adox, da das bis zum Glühen erhitzte Glas die Elektricität tet; allein es ist mindestens höchst wahrscheinlich, dafs die- bei den genannten Fossilien gleichfalls sich zeigen würde, s jedoch nicht ausschliefst, dafs bis 15° über 0 Leitung statt det, denn aus dem oben erwähnten und anderweitig allge- in bekannten Verhalten des Glases ist wohl unzweifelhaft, s die Isolirungsfähigkeit desselben gleichfalls mit zunehmen- Temperatur von 0° anfangend wächst, wenn sie auch bei inger Wärme nicht ganz aufhört, beim Glühen desselben aber nicht mehr vorhanden ist. Der *Turmalin* wird nach Er- n's Versuchen unter gehöriger Behandlung durch Reiben larisch-elektrisch, und in Beziehung auf seine Thermoelek- cität fand er die bisher beobachteten Erscheinungen dem

1 Die Versuche von Forbes, die man auch in London and Edin- gh Philos. Magaz. N. XXVI. p. 133 findet, sind bereits erwähnt rden.

2 Aus Berliner Denkschriften für 1829 in Poggendorff's Ann. XV. 607.

Digitized by Google

Wesen nach bestätigt. Der *Topas* bot anfangs sehr von einander abweichende Resultate dar, nach fortgesetzter genauer Prüfung aber wird der brasilianische Topas ohne allen Einfluss der Reibung oder Berührung durch Wärmeänderung elektrisch, und zwar bestimmt polarisch, jedoch mit der Anomalie, dass die negative Elektricität in der Axe und den hiermit parallelen Linien statt findet, die entgegengesetzte positive aber ihre Richtung senkrecht auf die Axe und ihren Sitz überall an der perimetrischen Oberfläche aller Seitenflächen hat. Dieses Verhalten läfst sich, so wie die Elektricität des *Boracits*, am besten prüfen, wenn man einem feinen Bohnenberger'schen Elektrometer einen sehr kleinen Teller giebt, den Krystall darauf legt, und eine der Flächen oder Ecken, die der aufliegenden gegenüber stehn, ableitend berührt, wodurch dieser ihre Elektricität entzogen, die ihr gegenüberstehende aber frei und durch das Elektrometer mefsbar wird. In den sogleich folgenden Untersuchungen werden übrigens die beim Topase wahrgenommenen Abweichungen anders erklärt.

574) Vorzugsweise auf die Bestimmung sowohl derjenigen sämmtlichen Krystalle, welche durch Temperaturveränderungen elektrisch werden, als auch der Eigenthümlichkeiten ihres Verhaltens, welche sich in dieser Hinsicht zeigen, bezieht sich eine ausführliche Abhandlung von W. Hankel[1], deren wesentlicher Inhalt hier mitgetheilt zu werden verdient. Zum Messen der erzeugten Elektricität diente ein Bohnenberger'sches Elektrometer, dessen beide Säulen auf zwei Kupferblechen ruhten, die mittelst dünner, durch das Glasgefäfs hindurchgehender, mit Knöpfchen versehener Stängelchen übereinander verschiebbar waren, um die Säulen einander der schwächeren Spannung angemessen mehr zu nähern. An den Stift des Elektrometers, von welchem das Goldblatt herabhängt, wurde ein feiner, von einer umsponnenen Guitarrensaite genommener, gewundener Draht befestigt und dessen anderes Ende nach gehöriger Isolirung entweder mit dem Krystalle in Berührung gebracht, oder meistens mit einem kleinen messingnen Tischchen verbunden, auf welchem der Krystall und zugleich die

1 Dissert. de Thermoelectricitate crystallorum. Hal. 1839. Poggendorff's Ann. XLIX. 493. Quaestionis de thermoelectricitate crystallorum P. altera. Hal. 1840. Poggendorff's Ann. L. 237. 471. 605.

Digitized by Google

gel eines Thermometers lag, welche beide durch eine unter-
tellte Weingeistlampe eine gleiche Temperatur erhielten.
untersuchten Krystalle sind folgende:

a) *Zucker*, dessen Elektricität Brewster zuerst wahr-
m. Beim Erwärmen desselben wächst sein polares Verhal-
mit der Zunahme der Temperatur, bis letztere nicht mehr
h fortschreitet, worauf sich die Pole umkehren, nachdem sie
her durch 0 gegangen sind, und bei fortgesetzter Abkühlung
rst schwache, dann aber stärkere Wirkungen zeigen, bis
h diese entgegengesetzte verschwindet, bei wieder beginnen-
Hitze aber wieder zur ersteren übergeht. Kommt der
ystall zum Schmelzen, so verschwindet alle Elektricität.

b) *Weinsäure* zeigt beim ersten Erwärmen zuweilen keine
ktricität, verhält sich aber später fast ganz ebenso, wie der
:ker.

c) *Weinsaures Kalinatron* darf wegen leichter Schmelz-
keit nicht stark erwärmt werden, zeigt aber gleichfalls Po-
tät.

d) Beim *Kieselzinkerz* zeigte das verwachsene Ende —,
El., beim *Axinit* und *Prehnit* dagegen +, — El., vom
sotyp aber zeigten selbst einzelne Nadeln beide Elektrici-
:n.

e) Die Versuche mit verschiedenen *Turmalinen* gaben im
nzen eine Bestätigung dessen, was Rose gefunden hat, je-
:h meint Hankel, sie zeigten insgesammt, auch die schwar-
: und undurchsichtigen, deutlich wahrnehmbare Spuren von
ktricität, jedoch einige erst dann, wenn sie nach dem Er-
rmen sich wieder abkühlen. Wenn Priestley behauptet,
s durch Drücken eines isolirt gehaltenen Krystalles die von
n beim Abkühlen angenommene Elektricität in die entgegen-
etzte übergehe, so soll dieses davon herrühren, dafs nicht
vohl das Drücken, als vielmehr die Berührung, die zugleich
t jedem beliebigen leitenden Körper geschehen kann, die
:handene ableite und die entgegengesetzte bestimme, sich
:r den ganzen Krystall zu verbreiten, worauf dann nach ei-
:er Zeit die weggenommene wieder zum Vorschein komme.
eses zeigt sich noch auffallender, wenn man den Krystall
einen isolirten, mit dem Elektrometer verbundenen Leiter
llt und die Flächen des unteren Endes ableitend berührt, in
:lchem Falle das Elektrometer die Elektricität des oberen an-

Digitized by Google

giebt. Priestley fand ferner bei ungleich erwärmten Turmalinen zuweilen beide Enden gleichnamig elektrisch, und Becquerel[1] glaubt, dafs in diesem Falle nur eine Elektricität vorhanden sey, aber nur so lange, bis die entgegengesetzte durch hinlängliche Erwärmung hervorgerufen werde, weil aber Hankel zu oft eine sofortige Umkehrung der Pole wahrnahm und nicht wahrscheinlich erachtete, dafs die geringste Temperaturerhöhung sogleich eine Umkehrung der Pole des erkalteten Krystalls herbeiführe, so schlofs er, dafs die Elektricität des kälteren Endes, wenn sie der des anderen sich abkühlenden gleich ist, durch Erwärmung erzeugt werde, in welchem Falle dann in der Mitte die entgegengesetzte Elektricität vorhanden seyn mufste, was auch der Versuch, jedoch mit folgender Modification, vollkommen bestätigte. War das erhitzte Ende beim Abkühlen positiv, so gelang es, die positive Elektricität am andern Ende gleichfalls hervorzurufen, und die Mitte zeigte dann negative, die sich durch Ableitung der an beiden Enden befindlichen bedeutend verstärken liefs. War aber das beim Erkalten negative Ende das heifsere, so zeigte es beim Herausnehmen aus der Flamme negative Elektricität; doch waren die nächsten Theile bereits positiv, und positive Elektricität zeigte sich über den ganzen Krystall verbreitet.

f) Die *Topas-Krystalle* sind gewöhnlich am einen Ende zerbrochen, und werden in der Art elektrisch, dafs das ausgebildete Ende beim Erwärmen —, beim Abkühlen + Elektricität zeigt. Das von P. Erman (§. 573) wahrgenommene anomale Verhalten soll eine Folge des Umstandes seyn, dafs der Krystall häufig sowohl beim Erwärmen, als auch beim Erkalten positive Elektricität vorherrschend zeigt, sobald er auf einer Seite liegt. Bei einem sibirischen Exemplare zeigten sich die ersten Spuren der Thermoelektricität durch eine Erwärmung bis 40°, selten aber traten beide Elektricitäten deutlich hervor, und dieses Fossil scheint daher weniger zur Polarität geneigt, bleibt aber lange Zeit elektrisch.

g) Am *Titanit* konnte Hauy kaum Spuren von Elektricität entdecken, Hankel brachte es aber so weit, dafs das Goldblättchen anschlug. Am einfachsten läfst sie sich wahrnehmen, wenn man die Krystalle auf einen isolirten, mit dem Elektrometer verbundenen Leiter legt, wobei man 4 elektrische

1 Traité d'Élect. et du Magnét. T. II. p. 64.

Digitized by Google

s P, P', y, y' entdeckt, und also entweder zwei parallele, r zwei sich kreuzende Axen vorhanden seyn müssen, jene entgegengesetzten, diese mit gleichnamigen Polen. Gere Untersuchungen zeigen aber, dafs die erste Voraus- ung die richtige sey, und dafs zwei parallele Axen mit un- chnamigen Polen an beiden Enden anzunehmen sind; denn mit Y' und P mit Y zeigen sich stets entgegengesetzt trisch.

h) Eine ausführliche Mittheilung der in 46 Versuchsreihen ltenen Resultate über die Erregung und den Wechsel der tricität des *Boracits* würde zu viel Raum erfordern, und wird also genügen, zu bemerken, dafs auch bei diesem Fos- die Wärme Elektricität hervorruft, und zwar so, dafs die h Temperaturerhöhung hervorgerufene durch Temperatur- minderung in die entgegengesetzte übergeht, das polarische halten also keinem Zweifel unterliegt.

i) Sehr merkwürdig in vorliegender Beziehung ist der *arz*, indem derselbe drei elektrische Axen mit entgegenge- ten Polen hat und demnach auf den 6 Prismenflächen die positiven mit den drei negativen abwechseln. Vielleicht t es aufserdem noch eine vierte schwächere in der Rich- g der Hauptaxe. Häufig verschwindet jedoch nach der Lage Krystalle der eine oder der andere Pol, was dann auf die igen einen Einflufs ausübt. Wird z. B. durch die Unterlage negativer Pol abgeleitet, so überwiegt überall die positive ktricität, und wenn diese die noch übrigen zwei Pole nicht vernichten vermag, so schwächt sie dieselben wenigstens. e Vergleichung der Vertheilung der Elektricität beim Berg- stall mit der beim Turmalin und die Berücksichtigung ihrer ischen Verschiedenheit führt zu der Vermuthung, dafs zwi- en ihren optischen und elektrischen Axen ein Zusammenhang t finde.

575) Von der Erregung der Elektricität durch Wärme, der entlich sogenannten *Thermoelektricität*[1], ist bereits in einem

---

1 Man redet sowohl von *Thermoelektricität*, als auch von *Thermo- gnetismus*, allein die erste Bezeichnung ist wohl unzweifelhaft die ntige, denn der erzeugte Strom ist ohne Widerrede ein elektri- er, die Identität der Elektricität und des Magnetismus aber wegen Verschiedenheit ihrer Aeufserungen unzulässig, wenn sich gleich

Digitized by Google

eigenen Artikel[1] ausführlich gehandelt worden, und es können daher hier nur einige nachträgliche Bemerkungen aufgenommen werden. Diese stehn aber gerade mit der Wärme im nächsten Zusammenhange. Wir erwähnen eine hierauf bezügliche Aeufserung von Draper[2], wonach die Thermoelektricität mit zunehmender Temperatur zwar wachsen soll, aber nur unbedeutend. Wäre diese Behauptung richtig, so würde aus ihr nothwendig folgen, dafs eine Messung der Temperatur mittelst der Gröfse der Ablenkung der Magnetnadel durch den thermoelektrischen Strom unzulässig seyn müfste, denn diese setzt voraus, dafs die Tangente des Abweichungswinkels der Temperatur direct proportional sey. Es scheint überflüssig zu seyn, auf eine Widerlegung dieses Satzes einzugehn, nachdem wir so oft die Messungen der Temperaturen mittelst des Thermomultiplicators in den bisherigen Untersuchungen als durch ein genügend genaues Mefsinstrument geschehn erwähnt haben und überhaupt die thermomagnetischen Thermometer als eigene, den Forderungen durch ihre Genauigkeit genügende Apparate anerkannt werden[3]. Inzwischen wollen wir, aufser dem, was hierüber bereits gesagt worden ist[4], die zur Erledigung dieser Frage gehörigen Versuche von Becquerel[5] hier mittheilen. Dieser senkte von den beiden Löthstellen zweier Metalldrähte die eine in schmelzenden Schnee, die andere in heifses Wasser, mafs die Ablenkung der Magnetnadel des Thermomultiplicators, mit dessen Enden die Drahtenden der thermoelektrischen Kette verbunden waren, bestimmte hieraus die Intensitäten des elektrischen Stromes, und verglich diese mit den berechneten, woraus folgende Resultate hervorgingen.

---

beide, ebenso wie Elektricität und Wärme, stets vereint finden und sich wechselseitig bedingen.

1 S. Art. *Thermoelektricität.* Bd. IX. S. 731.

2 Lond. and Edinb. Phil. Magaz. N. CV. p. 451.

3 Vergl. Art. *Thermometer.* Bd. IX. S. 998.

4 S. Art. *Thermoelektricität.* Bd. IX. S. 781.

5 Ann. de Chim. et Phys. T. XLI. p. 353. T. XLVI. p. 345. Schweigger's Journ. LVII. 311.

Digitized by Google

ereinte Metalle	Temperatur d. Löthstelle	Ablenkung d. Nadel	Intensitäten d. Stromes gefun- dene	Intensitäten d. Stromes berech- nete
	40° C.	52°	76	76
en und Silber . .	30	45	56,76	57
	20	40	33	38
	10	27	18,80	19
	40	—	—	80
en und Kupfer . .	30	48	50,92	60
	20	41	40,70	40
	10	28	20	20
	40	41	40,40	40
pfer und Platin .	30	36	30,23	30
	20	28	20,10	20
	10	18	10	10
	40	—	—	—
ber und Zinn . .	30	48	59,92	60
	20	41	40,70	40
	10	28	20	20
	40	34	27,20	26,84
ıpfer und Silber . .	30	28	20	20,13
	20	22	13,30	13,42
	10	13	6,60	5,71

ıfs in sehr hohen Hitzegraden leicht Abweichungen von die- n Gesetze der Proportionalität eintreten, ist bereits erwähnt ›rden.

Als eine interessante Zugabe zu dem, was bisher über die ›mbinationen der Metalle zu thermoelektrischen Ketten be- nnt war, möge hier noch eine Entdeckung Poggendorff's[1] wähnt werden. Dieser fand, dafs eine Verbindung aus Eisen ıd Neusilber (Packfong) die aus Platin und Eisen ersetzt, enn es um die Messung starker Hitzegrade zu thun ist, ja ıfs sie dieser wegen ihrer Wohlfeilheit noch vorzuziehn, zu- eich aber empfindlicher ist. Das Neusilber ist nach Seebeck[2] der thermoelektrischen Reihe ein sehr positiver Körper, folgt eich auf Wismuth und Nickel und steht daher über dem latin. Wirklich übertrifft eine solche Kette auch die aus Ei- n und Platin hinsichtlich der Stromstärke bedeutend, wovon oggendorff selbst sich durch eine Vergleichung mit Hülfe

1 Poggendorff's Ann. L. 250.
2 Ebend. VI. 155.

Digitized by Google

eines sogenannten Differential-Galvanometers überzeugte. Minder wichtig ist eine ältere Bemerkung von Nordenskiold[1]. Hiernach umwindet man einen Stab Antimon von 8 Zoll Länge und 0,5 Zoll Dicke an seinen beiden Enden mit den beiden Enden eines Messingdrahtes und erhält durch Erhitzung des einen Endes sogleich Spuren elektrischer Strömung. Hiernach würde also blofse genaue Berührung heterogener Metalle zur Erzeugung eines elektrischen Stromes durch Erwärmung genügen, statt dafs man dieselben gewöhnlich zusammen zu löthen pflegt. In welchem Verhältnifs der Stärke beide Methoden zu einander stehn, ist, so viel ich weifs, auf jeden Fall noch nicht genügend untersucht worden.

Endlich wollen wir zum Beschlufs noch die Bemerkung hinzufügen, dafs Hansteen[2] selbst die Ursache der *täglichen magnetischen Oscillationen* im Thermomagnetismus sucht. Diese Ansicht eines um die Erscheinungen des tellurischen Magnetismus so hoch verdienten Gelehrten dient sehr zur Unterstützung der Hypothese, wonach der tellurische Magnetismus überhaupt als das Resultat desjenigen elektrischen Stromes abgeleitet wird, welchen der tägliche Umlauf der Sonne und die Erwärmung durch ihre Strahlen auf unserer Erde erzeugen soll, wonach also der tellurische Magnetismus nichts anderes als Thermomagnetismus wäre.

Nachtrag zur specifischen Wärmecapacität.

Ueber die specifische Wärme der Körper ist oben im 4ten Abschnitt der Abtheilung E. das Erforderliche mitgetheilt worden, und ich habe mich bemüht, den Hauptinhalt der darüber bekannt gewordenen Untersuchungen zusammenzustellen. Zu den wichtigsten derselben gehören diejenigen, wodurch Victor Regnault diesen Zweig bedeutend erweitert hat und von denen daher (oben §. 427 fgg.) ausführlich gehandelt wurde. Ebenderselbe hat seitdem eine zweite, ebenso reichhaltige und wichtige Abhandlung bekannt gemacht[3], welche die von ihm gefun-

1 Annals of Philos. New Ser. T. IV. p. 318.

2 Magaz. for Naturvitenskaberne. T. II. p. 108.

3 Ann. de Chim. et Phys. 3me Sér. T. I. p. 129. Das Mspt. war bereits zum Druck abgesandt, als mir diese Abhandlung bekannt wurde, deren Inhalt aber zu wichtig ist und mit dem der früheren in

Digitized by Google

:n Bestimmungen der specifischen Wärmecapacitäten zusam-
gesetzter Körper enthält. Das früher gewählte Verfahren
Mischungen brachte er auch hierbei in Anwendung, doch
in Beziehung auf die untersuchten Körper Folgendes zu be-
:sichtigen. Einige derselben hat man blofs in Pulverform,
diese ist für die Versuche sehr unbequem. Wird das Pulver
Wasser zu einem Teige gemacht und dieser calcinirt, so
lt man zuweilen Stücke, die unmittelbar in die kleinen
bchen gelegt werden können, allein sie ziehn dann leicht
chtigkeit an und entbinden nach Pouillet's Versuchen
118) Wärme, wodurch die Resultate fehlerhaft werden. Die
ıge der auf diese Weise freiwerdenden Wärme für jede ein-
ıe Substanz zu bestimmen würde grofse Schwierigkeiten ge-
t haben, Regnault ermittelte aber, dafs der Einflufs, wel-
n diese auf die specifische Wärme haben konnte, 0,034 der
teren nicht überstieg, und er nahm daher bei den Bestim-
ngen hierauf gehörige Rücksicht. Allerdings könnte man
ıe Substanzen in hermetisch verschlossene Gefäfse mit sehr
nen Wandungen einschliefsen, allein da diese dann sehr
gsam erkalten, so würde man dadurch noch gröfsere Fehler
beiführen. Man könnte auch die Substanzen mit einer hin-
glichen, gemessenen Quantität Wasser benetzen und diese in
:hnung nehmen; allein dann würde die specifische Wärme
Pulver nur ein Bruchtheil derjenigen des sie benetzenden
ıssers seyn und dadurch noch mehr Ungewifsheit herbeige-
rt werden. Die Salze ziehn zu leicht Feuchtigkeit aus der
nosphäre an, als dafs sie selbst in Gestalt zusammengeballter
)cken zu diesen Versuchen geeignet seyn sollten; es war da-
vorzuziehn, sie in einem Platintiegel zu einer einzigen
ıte zusammenzuschmelzen und dann die noch heifse Ober-
:he mit einer sehr dünnen Schicht Oel zu überziehn, deren
wicht verschwindend klein ist, die aber dennoch genügt, die
uchtigkeit eine kurze Zeit abzuhalten, um das Gewicht zu
ıtimmen. Allerdings erfolgt dann die Abkühlung der gröfse-
ı Masse etwas langsamer, allein der hieraus hervorgehende
nflufs ist nicht sehr bedeutend. Für einige sehr zerfliefsliche
lze, z. B. chlorsaures Zink, genügt dieses Mittel nicht; man

---

genauem Zusammenhange steht, als dafs er in diesem Werke feh-
ı dürfte, weswegen ich ihn hier nachträglich hinzufüge.

Digitized by Google

mufs sie daher schmelzen und in eine am einen Ende verschlossene Glasröhre gieſsen.

Regnault machte sich vorläufig mit den Untersuchungen anderer Gelehrten über diese nämliche Aufgabe bekannt. Dahin gehören vorzüglich die oben (§. 441 fgg.) mitgetheilten von Avogadro, wobei er jedoch auf eine nähere Prüfung der aus ihnen vermeintlich hervorgehenden allgemeinen Gesetze nicht eingeht, und die gehaltreichen, oben (§. 433) gleichfalls ausführlich erörterten, von Neumann. In Beziehung auf diese letzteren bemerkt er, dafs die untersuchten Körper solche zusammengesetzte sind, wie sie in der Natur vorkommen, wovon der gröfste Theil wegen ihrer complexen Zusammensetzung und bei der statt findenden Ungewifsheit hierüber zur Auffindung allgemeiner Gesetze nicht geeignet scheint. Ob aber der Einwurf gegen die durch Neumann gefundenen Gesetze, dafs die Zahl der Versuche zu ihrer Begründung zu gering sey, mehrere derselben Resultate liefern, die sich zu weit von den berechneten entfernen oder sich auf Zusammensetzungen beziehn, deren chemisches Mischungsverhältnifs nicht scharf genug bestimmt sey, und dafs endlich sehr von einander abweichende Bestimmungen gefunden, von diesen aber die gerade für die Hypothese passenden gewählt seyen, als genügend begründet gelten könne, darüber wage ich nicht zu entscheiden; die bekannte Sorgfalt und Zuverlässigkeit des Experimentators sichert auf jeden Fall gegen den Verdacht eines Mangels an Genauigkeit. Ueber die neuesten Arbeiten von Marcet und de la Rive bemerkt Regnault blofs, dafs sie noch fortgesetzt werden. In Beziehung auf seine eigene vorliegende Abhandlung bemerkt er, man werde sich aus den erhaltenen Resultaten bald überzeugen, dafs die hier untersuchten festen und flüssigen Körper sich nicht auf eine sichere Weise zur Bestimmung der Verhältnisse eignen, welche zwischen der specifischen Wärme dieser Zusammensetzungen und der ihrer Elemente statt finden. Hierüber beabsichtigt er demnächst eigene Untersuchungen anzustellen, wenn er die Bestimmungen der specifischen Wärme gasförmiger Körper beendigt haben wird.

Die untersuchten Körper bilden fünf Gruppen, deren erste Verbindungen der Metalle begreift. Hierzu gehören zuerst die *Alliagen*. Vor allem wurde dafür gesorgt, reine Metalle zu

Digitized by Google

lten, sie in Pulverform, wenn dieses nöthig schien, zu men-
, in einem Tiegel zu schmelzen, dann stark umzurühren und
:h Ausschütten auf einen kalten Körper schnell erstarren
machen. Die Verbindung war allgemein nach dem einfa-
n Atomverhältnisse. Es verdienen zugleich zwei Classen
Alliagen unterschieden zu werden, zuerst diejenigen, deren
melzpunct beträchtlich über dem Siedepuncte des Wassers
t, und solche, die schon bei 100° C. oder sogar noch unter
ser Temperatur schmelzen, auf jeden Fall bei dieser Wärme
ch werden. Diesen Unterschied zu beachten ist deswegen
htig, weil die Körper bei den Versuchen bis 100° C. erwärmt
den und also ihr Schmelzen oder Weichwerden auf ihre
irmecapacität einen Einflufs haben kann. Zu dieser Gruppe
ören dann zweitens auch die *Amalgame*, wovon das Näm-
ıe gilt.

Die zweite Gruppe bildeten die *Oxyde*. Hierhin gehören
iprotoxyd, wozu reines, in einem Platintiegel wenig ge-
molzenes, Mennig diente, und Silberglätte, bis zum Dunkel-
hglühen erhitzt, die in Glasröhren eingeschlossen wurde.
: untersuchten Körper waren ferner: rothes Quecksilberoxyd,
dem salpetersauren durch gehörige Hitze hergestellt; Man-
ıoxydul (*Protoxide de Manganèse*), aus dem Hyperoxyd
ch starkes Glühn erhalten; schwarzes Kupferoxyd, durch
cinirung des salpetersauren Kupfers in kleinen, hinlänglich
ten Brocken gewonnen; Nickeloxydul, auf gleiche Weise
eitet, welches aber beim Aufsaugen des Wassers einige
ärme entwickelte, so dafs die gefundene Wärmecapacität
hl etwas zu grofs sein kann; Magniumoxyd und Zinkoxyd.
r Versuch aber, die Wärmecapacität des Baryum-, Strontium-
l Calcium-Oxyds zu bestimmen, mifslang, weil diese Sub-
nzen selbst durch das Aufsaugen des Terpentinspiritus Wärme
wickeln. Die genannten Oxyde gehören zu derjenigen Classe,
durch RO bezeichnet wird. Ueber diejenige Classe von
yden, die durch R^2O^3 bezeichnet werden, ergeben die mit Kol-
har angestellten Versuche, dafs die Wärmecapacität des Ei-
ıoxyds (*Peroxide de fer*) durch Calcination abnimmt und
etzt derjenigen gleich kommt, welche der natürliche Eisen-
nz zeigt. Die glasige arsenige Säure sog etwas Wasser auf,
ein dieses hatte auf die Bestimmung der Wärmecapacität kei-
n Einflufs, denn der Versuch, mit Terpentinspiritus angestellt,

Digitized by Google

gab ganz gleiche Resultate. Ueber die Oxyde, die zur Classe RO^3 gehören, finde ich nichts der besondern Beachtung werthes angegeben.

Zur dritten Gruppe werden die Schwefelverbindungen (*Sulfures*) gerechnet, und zwar die zu den Classen RS, R^2S^3, RS^2, R^2S gehörigen und die complexen, wobei ich aber im Einzelnen nichts besonders zu beachtendes bemerkt finde. Die vierte Gruppe bilden nach Regnault die Chlorverbindungen (*Chlorures*), und zwar die zu den Classen R^2Cl^2, RCl^2, RCl^4, R^2Cl^6 gehörenden, ferner die Bromverbindungen (*Bromures*) der Classen R^2Br^2, RBr^2, die Iodverbindungen (*Iodures*) der Classen R^2I^2, RI^2 und die Fluorverbindungen (*Fluorures*) der einzigen Classe RFl^2. Zu bemerken ist hierbei, dafs das angewandte Clormangan aus einer zur Trockne abgedampften Solution im Wasser erhalten worden war, indem der Rückstand in einem Platintiegel nach Zusatz von etwas Clorwasserstoffsäure geschmolzen wurde. Aller Sorgfalt ungeachtet liefs sich jedoch eine partielle Zersetzung nicht vermeiden, denn als die Masse im Wasser gelöst wurde, blieb ein mefsbarer Rückstand, und die erhaltene Bestimmung kann daher nur als eine approximative gelten. Beim bromsauren Natron wurde erst nach dem Versuche entdeckt, dafs etwas kohlensaures vorhanden war, und das erhaltene Resultat ist daher etwas zu grofs. Das Iodkupfer (*Protoiodure de cuivre*), durch doppelte Zersetzung bereitet und dann in einem Platintiegel geschmolzen, gab zwei sehr von einander abweichende Resultate, was jedoch erst bemerkt wurde, als die Substanz bereits weggeworfen war. In der fünften und letzten Gruppe werden die *Salze* vereinigt, nämlich die salpetersauren $Az^2O^5 + R^2O$ und $Az^2O^5 + RO$, die chlorsauren $Cl^2O^5 + R^2O$, die phosphorsauren $P^2O^5 + 2R^2O$ (*Pyrophosphates*); $P^2O^5 + 2PbO$; $P^2O^5 + RO$ (*Métaphosphates*), die arseniksauren $Ar^2O^5 + R^2O$; $Ar^2O^5 + 3RO$, die schwefelsauren $SO^3 + R^2O$; $SO^3 + RO$, die chromsauren, die boraxsauren $B^2O^6 + R^2O$; $B^2O^6 + RO$; $B^2O^6 + 2R^2O$; $B^2O^6 + 2RO$, die scheelsauren, die Silicate und die kohlensauren $CO^2 + R^2O$; $CO^2 + RO$. Bemerkt ist hierbei, dafs das phosphorsaure Blei durch doppelte Zersetzung erhalten wurde, indem zu einer Lösung des phosphorsauren Natrons eine Lösung von essigsaurem Blei gesetzt, das Präcipitat mehrmals mit Wasser gekocht, auf dem Filtrum gewaschen und endlich in ei-

Digitized by Google

m Platintiegel geschmolzen ward. Um beim doppeltarsenik-
ren Kali eine Zersetzung zu vermeiden, ward der dasselbe
haltende Tiegel sofort nach dem Schmelzen vom Feuer ent-
nt. Die Bereitung des arseniksauren Bleies geschah durch
rbindung einer Auflösung des arseniksauren Natrons mit einer
chen des essigsauren Bleis; auf gleiche Weise wurde das
hwefelsaure Blei aus der Zersetzung des essigsauren durch
hwefelsäure und der schwefelsaure Strontian aus der Zer-
zung des salpetersauren durch Schwefelsäure erhalten. End-
h dienten zur Erhaltung des boraxsauren Bleis das Zusam-
nschmelzen gewöhnlicher Boraxsäure mit Silberglätte in ei-
n Platintiegel, so wie zur Erzeugung des boraxsauren Kali's
d Natrons das Zusammenschmelzen der erforderlichen Mengen
raxsäure mit kohlensaurem Kali oder Natron in einem glei-
en Tiegel.

Es scheint mir unnöthig, die einzelnen durch Regnault
fundenen Gröfsen, aus denen er die specifischen Wärmecapa-
äten abgeleitet hat, hier mitzutheilen, vielmehr wird es ge-
gen, die von ihm tabellarisch zusammengestellten Endresul-
e aufzunehmen, weil zu erwarten steht, dafs diese einer
nftig aufzufindenden Theorie als Grundlage dienen können.
e nachfolgende Tabelle ist durch sich selbst verständlich,
r mufs bemerkt werden, dafs die angegebenen Atomgewichte
ejenigen sind, die im Allgemeinen als die richtigen angenom-
en werden, wobei ich die Genauigkeit der Angaben zu prüfen
fser Stande bin. Endlich bedarf es kaum der Bemerkung,
fs, wie oben, die spec. Wärme des Wassers als Einheit an-
nommen worden ist, die Producte aber diejenigen Gröfsen be-
chnen, die man durch die Multiplication der spec. Wärme in die
omgewichte erhält.

Digitized by Google

Substanzen	Specif. Wärme	Mittel	Atomgewicht	Product
Erste Gruppe. Metallische Verbindungen.				
1 At. Blei, 1 At. Zinn . .	0,04058 0,04087	0,04073	1014,9	41,34
1 At. Blei, 2 At. Zinn . .	0,04526 0,04487	0,04506	921,7	41,53
1 At. Blei, 1 At. Antimon	0,03877 0,03882	0,03880	1050,5	40,76
1 At. Wismuth, 1 At. Zinn	0,04024 0,03977	0,04000	1032,8	41,31
1 At. Wismuth, 2 At. Zinn	0,04500 0,04507	0,04504	933,7	42,05
1 At. Wismuth, 2 At. Zinn, 1 At. Antimon	0,04674 0,04567	0,04621	901,8	41,67
1 At. Wismuth, 2 At. Zinn, 1 At. Antimon, 2 At. Zink	0,05701 0,05612	0,05657	735,6	41,61
1 At. Blei, 2 At. Zinn, 1 At. Wismuth	0,04512 0,04439	0,04476	1023,9	45,83
1 At. Blei, 2 At. Zinn, 2 At. Wismuth	0,06077 0,06087	0,06082	1085,2	66,00
1 At. Quecksilber, 1 At. Zinn	0,07235 0,07353	0,07294	1000,5	72,97
1 At. Quecksilber, 2 At. Zinn	0,06591	0,06591	912,1	60,12
1 At. Quecksilber, 1 At. Blei	0,03824 0,03829	0,03827	1280,1	48,99
Zweite Gruppe. Oxyde.				
A. Oxyde RO.				
Bleioxyd, gepulvert . . .	0,05117 0,05119	0,05118	1394,5	71,34
geschmolzen . .	0,05096 0,05074 0,05097	0,05089	1394,5	70,94
Quecksilberoxyd	0,05149 0,05210	0,05179	1365,8	70,74
Manganoxydul	0,15635 0,15768	0,15701	445,9	70,01
Kupferoxyd	0,14201	0,14201	495,7	70,39
Nickeloxyd	0,16278 0,16190	0,16234	469,6	76,21
calcinirt . . .	0,15890 0,15880	0,15885	469,6	74,60
Magniumoxyd	0,24394	0,24394	258,4	63,03
Zinkoxyd	0,12378 0,12657 0,12301 0,12582	0,12480	503,2	62,77

Digitized by Google

Substanzen	Chemische Formel	Atomgewicht	Atomvolumen	Spezifisches Gewicht
	D. Oxyde. R = O.			
Cuprum (Kupfer)	Cu_2O	0,1430	0,0715	6,2
	CuO	0,0795	0,0398	6,4
(Wasserfreies wasserhaltiges)	$CuO + H_2O$	0,0885	0,0443	5,8
Ferrum (Eisen)	Fe_2O_3	0,1596	0,0798	5,2
	Fe_3O_4	0,2324	0,0775	5,0
	FeO	0,0872	0,0436	5,7
Zinkoxyd	ZnO	0,0814	0,0407	5,6
Bleioxyd	Pb_2O	0,2070	0,1035	9,3
	PbO	0,1035	0,0518	9,5
	Pb_3O_4	0,3105	0,1035	9,1
Bismutoxyd	Bi_2O_3	0,2660	0,1330	8,9
Stannoxyd	SnO_2	0,0911	0,0455	6,7
	SnO	0,0811	0,0406	6,7
Antimonoxyd	Sb_2O_3	0,2880	0,1440	6,7
	Sb_2O_5	0,3520	0,1760	6,6
Manganoxyd	Mn_2O_3	0,1580	0,0790	4,8
	MnO	0,0901	0,0451	5,4
Nickeloxyd	NiO	0,0750	0,0375	6,7
Cobaltoxyd	CoO	0,0753	0,0377	6,4
Uranoxyd	U_2O_3	0,2760	0,1380	10,1
	UO	0,1360	0,0680	10,0
	UO_3	0,1840	0,0920	8,4
Wismutoxyd	Bi_2O_3	0,4660	0,2330	8,9
Quecksilberoxyd	HgO	0,1082	0,0541	11,1
Zinn

Substanzen	Specif. Wärme	Mittel	Atomgewicht	Product
Boraxsäure	0,23872 0,23615	0,23743	436,0	103,52
E. Complexe Oxyde.				
Magneteisen	0,16686 0,16872	0,16780	1417,6	237,57
Dritte Gruppe. Sulfüren.				
A. Sulfüren RS.				
Magnetkies	0,13532 0,13674 0,13570 0,13504	0,13570	540,4	73,33
Schwefelnickel	0,12804 0,12820 0,12814	0,12813	570,8	73,15
Schwefelkobalt	0,12581 0,12443	0,12512	570,0	71,34
Schwefelzink	0,12305 0,12300	0,12303	604,4	74,35
Schwefelblei	0,05086 0,05107 0,05065	0,05086	1495,6	76,00
Schwefelquecksilber . . .	0,05137 0,05149 0,05067 0,05116	0,05117	1467,0	75,06
Einfach Schwefelzinn . .	0,08408 0,08322	0,08365	936,5	78,34
B. Sulfüren $R^2 S^3$.				
Schwefelantimon	0,08462 0,08344	0,08403	2216,4	186,21
Schwefelwismuth	0,06038 0,05965	0,06002	3264,2	195,90
C. Sulfüren RS^2.				
Schwefelkies (doppelt Schwefeleisen)	0,12927 0,13079 0,12969 0,13061	0,13009	741,6	96,45
Doppelt Schwefelzinn . .	0,11788 0,12076	0,11932	1137,7	135,66
Schwefelmolybdän . . .	0,12337 0,12172 0,12493	0,12334	1001,0	123,46

Digitized by Google

Substanzen	Specif. Wärme	Mittel	Atom-gewicht	Atom-wärme
D. Sulfüre S^2X.				
Quecksilbersulfür	0,03768	0,03768	1816,0	68,43
	0,03768			
Silbersulfür	0,07051	0,07051	1352,9	95,39
	0,07051			
E. Complexe Sulfüre.				
Arsenikkies	. . . . .			
Vierte Gruppe. Chlorüre, Bromüre, Iodüre, Fluorüre.				
A. Chlorverbindungen X^2 Cl.				
Cuprochlorür	0,13572	0,13572	1345,8	136,97
Argochlorür	0,08772	0,08772	1810,0	161,19
Kalium-Quecksilberchlorür	0,10110	0,10110	1271,3	154,09
Kalium-Silber-Kupfer-Chlorür	0,13410	0,13410	1164,9	156,20
Kalium-Silberchlorür	0,12000	0,12000	1176,3	163,42
B. Chlorverbindungen XCl_2.				
Calcarym	0,16361	0,16361	1393,5	113,64
Cuprocuprum	0,09615	0,09615	1206,0	122,70
Cuprocalcium	0,13333	0,13333	1269,2	144,75
Cuprargillum	0,11111	0,11111	1240,0	137,84
Cuprargillum-Chlorür	0,09091	0,09091	1706,5	177,08
Cuprargillum-Natrium-Chlorür	0,10000	0,10000	1588,8	158,88
Cuprargillum-Chlorür	0,10101	0,10101	1377,0	139,09
Cuprargyrum	0,10101	0,10101	1783,1	180,11
	0,10101			

	Speed.	Mind.	Atmo.	Ther.
	Miles.		Inches.	
5. Hadersdorf	0.0			
Dreyeck-Glienicke	15.8	18.8	27.1	17.2
	0.0		27.1	17.2
Dreyeck-Glien.-Brunn	15.8	18.8	27.1	17.2
	0.0		27.1	17.2
6. Fischerhof	15.8	18.8	27.1	17.2
Dreieck-Glien.-Kranich	0.0		27.1	17.2
	15.8	18.8	27.1	17.2
	0.0		27.1	17.2
Dreieck-Glien.-Pfingstl	15.8	18.8	27.1	17.2
	0.0		27.1	17.2
7. Brunnen	15.8	18.8	27.1	17.2
Brunnhäusln	0.0		27.1	17.2
	15.8	18.8	27.1	17.2
	0.0		27.1	17.2
Brunnenhaus	15.8	18.8	27.1	17.2
	0.0		27.1	17.2
8. Brunnen	15.8	18.8	27.1	17.2
Brunnhäusl	0.0		27.1	17.2
	15.8	18.8	27.1	17.2
	0.0		27.1	17.2
	15.8	18.8	27.1	17.2
	0.0		27.1	17.2
9. Brunnen	15.8	18.8	27.1	17.2
Schlafhaus	0.0		27.1	17.2
	15.8	18.8	27.1	17.2
	0.0		27.1	17.2
	15.8	18.8	27.1	17.2
	0.0		27.1	17.2
Lobstrum	15.8	18.8	27.1	17.2
	0.0		27.1	17.2
Hüb.-bei-Quelle	15.8	18.8	27.1	17.2
	0.0		27.1	17.2
Jobstbr.	15.8	18.8	27.1	17.2
	0.0		27.1	17.2
Hüb-Schlagbr.	15.8	18.8	27.1	17.2
	0.0		27.1	17.2
	15.8	18.8	27.1	17.2
	0.0		27.1	17.2
Hüb-Schlagbr.	15.8	18.8	27.1	17.2
	0.0		27.1	17.2
Jobstbr.

Nr.	Substanzen	Formel	Molekul.-Gew.	Atom.-Gew.	Spez. Wärme
		Schwefelsäure.			
		H_2SO_4	98,0632		
		$H_2SO_4 + 1 H_2O$	116,0632		
		$H_2SO_4 + 2 H_2O$	134,0632	489,9	0,3139
		$H_2SO_4 + 3 H_2O$	152,0632		
		$H_2SO_4 + 4 H_2O$	170,0632		
		$H_2SO_4 + 5 H_2O$	188,0632		
		$H_2SO_4 +

Sehörtenen	Länge	Breite	Azimut	Datum
	östl. v. Ferro	nördl.		
Schwedisch. Bayr. . . .	11°11'55,5	47°51'17,0	54°24'	1814
	11°11'55,5	47°51'17,0		
Schwedisch. Gerstner . .	11°11'55,5	47°51'17,0	54°24'	1814
	11°12'27,7	47°51'17,0		
Schwedisch. Hist. . . .	11°11'55,5	47°51'17,0	54°24'	1814
	11°12'27,7	47°51'17,0		
Schwedisch. Kalk. . . .	11°11'55,5	47°51'17,0	54°24'	1814
	11°12'27,7	47°51'17,0		
Schwedisch. Magnetik . .	11°11'55,5	47°51'17,0	54°24'	1814
	11°12'27,7	47°51'17,0		

F. Clarkenstern Schiss.

Clarkenstern Kalk. . . .	11°11'55,5	47°51'17,0	134°7'	1815
	11°12'27,7	47°51'17,0		
Doppelt-Abstem. Kalk. . .	11°11'55,5	47°51'17,0	135°52'	1815
	11°12'27,7	47°51'17,0		

G. Brennenden Schiss 3° 0' 0" = 3/4 G.

Brennenden Nationen . . .	11°11'55,5	47°51'17,0	140°24'	1815
	11°12'55,5	47°51'17,0		
Brennenden Nationen . . .	11°12'55,5	47°51'17,0	139°24'	1815
	11°11'55,5	47°51'17,0		

Doppelschiss 3° 0' 0" = 3/4 G.

Brennenden Kalk	11°11'55,5	47°51'17,0	135°52'	1815
	11°12'27,7	47°51'17,0		
Brennenden Nationen . . .	11°12'27,7	47°51'17,0	134°52'	1815
	11°11'55,5	47°51'17,0		

Doppelschiss 3° 0' 0" = 3/4 G.

Brennenden Hist.	11°11'55,5	47°51'17,0	135°52'	1815
	11°12'27,7	47°51'17,0		

H. Schwedisches Schiss.

Wild'sen.	11°11'55,5	47°51'17,0	54°24'	1814
	11°12'55,5	47°51'17,0		

J.

Lichen	11°11'55,5	47°51'17,0	54°24'	1814
	11°12'55,5	47°51'17,0		

K. Kalkmessen Schiss 3° 0' 0" = 3/4 G.

Kalkmessen Kalk	11°11'55,5	47°51'17,0	135°52'	1815
	11°12'27,7	47°51'17,0		
Kalkmessen Nationen . . .	11°12'27,7	47°51'17,0	134°52'	1815
	11°11'55,5	47°51'17,0		

Österreichische

Substanzen	Spezifische Wärme	Atom-gewicht	Atom-wärme	Bemerkungen
Cl. Doppelsalpeter	0,19767			
	0,20127			
	0,20127			
	0,20127

selbst; liegt aber ihr Schmelzpunct niedriger, so wächst um s
mehr dieses Product, als sie bei geringerer Wärme schmelze
oder mindestens weich werden. In der zweiten Abtheilun
weicht unter den Oxyden mit einem Atome Sauerstoff blofs di
Nickeloxyd von den übrigen ab, weil es wegen seiner Locker
heit Wasser einsog, eine Eigenschaft, die es durch stärker
Calciniren schon zum Theil verlor. Gilt dieses als Grund de
Abweichung, so sind bei diesen Oxyden *die specifischen Wär
mecapacitäten ihren Atomgewichten umgekehrt proportional*, ein
Gesetz, welches sich bei allen gleichartigen Verbindungen zeigt
Eine Ausnahme hiervon machen die Bittererde und das Zink-
oxyd, welche beide einen vollständigen Isomorphismus zeigen
und diese Analogie auch hier beibehalten. Die unter der Reih
B vereinten Oxyde zeigen weniger Uebereinstimmung; wenn
man aber berücksichtigt, dafs das Chromoxyd wegen seiner
Lockerheit Wasser einsog, wodurch seine specifische Wärme
zu grofs wurde, und wenn man den Demantspath und Sapphir
ausschliefst, so fallen die gröfsten Abweichungen weg. Auch
bei den unter C und D vereinten Oxyden zeigt sich im Gan-
zen dieses Gesetz, mindestens läfst sich nicht verkennen, dafs
diejenigen Oxyde, welche zu einer und derselben chemischen
Formel gehören, sich unter dieses Gesetz bringen lassen, die
hervortretenden Abweichungen aber hält Regnault vorzüglich
für Folgen des ungleichen Aggregatzustandes; denn dafs auch
dieser einen Einfluſs auf die specifische Wärme habe, geht un-
verkennbar aus der Veränderung derselben hervor, die durch
ihre Calcination hervorgerufen wird. Unter den zur dritten
Gruppe vereinten Schwefelverbindungen zeigen die unter A ge-
nannten das Gesetz sehr augenfällig, von den übrigen kann
man weiter nichts sagen, als dafs ähnliche Verbindungen auch
mehr oder minder ein gleiches Verhalten ihrer specifischen Wär-
mecapacitäten zeigen. Ebendieses findet nach Regnault auch
bei den Verbindungen der vierten Gruppe statt, vorausgesetzt,
dafs die Gründe, die ihn veranlafsten, die genannten Substan-
zen zu vereinigen, als genügend erscheinen. Vergleicht man
die Resultate der fünften Gruppe unter einander, so führt auch
dieses zu einem ähnlichen Resultate, welches auf folgende Weise
ausgedrückt werden kann: *Bei zusammengesetzten Körpern,
welche das nämliche elektronegative Element enthalten und
gleiche Mengen der Atome in sich vereinigen, stehn die spe-*

by Google

chen Wärmecapacitäten im umgekehrten Verhältnifs der ngewichte. Allerdings ist dieses Gesetz nicht absolut scharf stimmt nicht vollständig mit der Erfahrung überein, allein Abweichung beträgt nur etwa $\frac{1}{10}$ oder höchstens $\frac{1}{9}$. Es n sich endlich auch diejenigen Verbindungen unter einander leichen, welche verschiedene elektronegative Elemente ent– n, und es zeigt sich dann bei diesen gleichfalls eine ge– e Uebereinstimmung, die zu folgendem Gesetze führt: *Bei zusammengesetzten Körpern, in denen gleiche Atom– gen vereinigt und welche von einer ähnlichen chemischen ammensetzung sind, stehn die specifischen Wärmecapaci– n im umgekehrten Verhältnisse der Atomgewichte.* Das vielfach ventilirte *Dulong'sche Gesetz* kann als ein dem genannten allgemeinen speciell zugehöriges betrachtet wer– , die Erfahrung bestätigt dasselbe innerhalb der nämlichen nzen, worin dieses allgemeine als begründet erscheint. Die ifische Wärme der Körper kann betrachtet werden als zu– mengesetzt aus der specifischen Wärme an sich und derje– n latenten, welche durch das Volumen derselben bedingt d, wobei aber die eigentliche specifische Wärme einen so wiegenden Theil ausmacht, dafs ihre Wirkung nicht ganz borgen bleiben kann. Bei den Versuchen tritt aufserdem der stand hindernd ein, dafs die specifischen Wärmen alle zwi– en den nämlichen Thermometergraden bestimmt werden, statt man die für jeden Körper am meisten geeigneten Tempe– uren wählen müfste, z. B. diejenigen, bei denen diese Kör– die gröfste Analogie ihrer chemischen und physikalischen enschaften darbieten und den vollständigsten Isomorphismus gen. Vorzüglich ist auch die leichtere Schmelzbarkeit der Körper l die Art ihrer Aggregatform von sehr bedeutendem Einflufs.

Es ist oben (§. 437) ausführlich von den so sehr abwei– nden Resultaten gehandelt worden, welche die Versuche zur timmung der specifischen Wärme des *Kohlenstoffs* gegeben en, und namentlich von den Bemühungen, welche DE LA VE und MARCET darauf verwandten, diese Gröfse mit mög– ster Schärfe zu ermitteln. REGNAULT unterwarf dieses blem einer abermaligen genauen Untersuchung, und be– mmte die specifische Wärme folgender Substanzen.

1) Holzkohle, vorläufig mit Säure behandelt und dann k calcinirt.

Digitized by Google

2) Thierische Kohle, durch Säuren gereinigt und da zum Weifsglühn erhitzt. Sie enthielt eine merkliche Quanti Asche, und um sie zu binden, wurde sie mit Oel benetzt u nachher nochmals geglüht.

3) Coke aus der englischen Cannelkohle; sie enthielt 4 Procent Asche.

4) Coke von der Kohle aus den Minen zu Rive de Gie sie enthielt 2,5 Procent Asche.

5) Coke aus dem Anthracit von Wallis; sie enthielt Procent Asche.

6) Kohle, bereitet aus dem Anthracit von Philadelphia; enthielt 5,8 Procent Asche.

7) Natürlicher Graphit.

8) Graphit aus einem Hohofen, gereinigt durch Säuren.

9) Metalloidische Kohle aus einer Gasbereitungsröhre.

10) Diamant.

Die erhaltenen Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Kohlenarten	Specif. Wärme	Mittel
Thierische Kohle	0,26085	0,26085
Holzkohle	0,24150	0,24150
Coke aus der Cannelkohle . . .	0,20307	0,20307
Desgleichen aus Steinkohle . .	0,20171	0,20085
	0,20001	
Kohle aus Anthracit von Wallis .	0,20338	0,20171
	0,20007	
— — — von Philadelphia	0,20156	
	0,20064	0,20100
	0,20081	
Graphit, natürlicher	0,20187	0,20187
— aus einem Hohofen . .	0,19815	0,19702
	0,19590	
— aus einer Gasbereitungsröhre	0,20360	0,20360
Diamant — — — —	0,14809	
	0,14580	
	0,14614	0,14687
	0,14738	
	0,14781	
	0,14600	

Berücksichtigt man auch den geringen Einflufs, welchen die wenige beigemischte Asche äufsern konnte, so liefern dennoch die Versuche sehr ungleiche Werthe für die verschiedenen Ar-

Digitized by Go

atformen der Kohle. Die specifische Wärme zeigt sich am sten bei der Holzkohle und der thierischen Kohle, was zum il ihrer Porosität zuzuschreiben ist; die übrigen Kohlenarten n sehr nahe übereinstimmende Gröfsen, am meisten aber :ht der Diamant ab. Man ersieht hieraus deutlich, dafs die ifische Wärme der Kohle sehr abhängig von der Aggregat- , und der Dichtigkeit des Gefüges umgekehrt proportional Regnault's Hypothese, wonach der Kohlenstoff in sei- Verbindungen eine andere specifische Wärme haben soll, wenn er für sich allein besteht, dürfte schwerlich allgemei- Beifall finden. *M.*

Wärmesammler.

Feuersammler, Condensator der Wär- ; *Collector Caloris;* Collecteur du Feu.

Diesen Namen hat ein Apparat erhalten, welcher nach be- nten Principien construirt, jedoch von sehr untergeordnetem zen ist, seinem Erfinder aber Veranlassung zur Aufstellung abentheuerlichsten Hypothesen gegeben hat. Man wufste seit ältesten Zeiten, dafs die Sonnenstrahlen in dunklen Körpern, auf sie fallen, eine sehr grofse Wärme erzeugen (§. 54), um die Gröfse dieser Wirkung zu messen, stellte de Saus- e (§. 50) seine bekannten Versuche mit dem *Heliothermo- er* an, aus denen sich ergab, dafs durch Concentrirung der nenstrahlen auch ohne Sammlungslinsen nicht blofs der Sie- nnct des Wassers erreicht, sondern eine noch 9°,5 C. höhere ze erzeugt werden könne. Als dieses im Jahre 1783 durch fe bekannt geworden war, machte du Carla[2] die Beschrei- g des genannten Apparates, seine damit angestellten Versu- und die Folgerungen bekannt, die er daraus ableiten zu kön- glaubte. Jener besteht aus einer beliebigen Anzahl gläserner panen oder Cylinder, die so dünn und durchsichtig wie glich seyn sollen. Ihre Durchmesser und ihre Höhen sollen jede folgende um 3 Linien wachsen, und sie werden über n hohlen, dünnen, schwarz gefärbten abgestumpften Kegel ı ihrer zunehmenden Gröfse über einander so gestürzt, dafs schen ihnen ein dünner, mit Luft erfüllter Zwischenraum bt. Die obere kleine Grundfläche des Kegels hat einen um inien kleineren Durchmesser, als die kleinste Campane, die ere grofse desselben übertrifft den der gröfsten um ebenso

1 Dürfen die hier gegebenen Resultate als hinlänglich genau gelten, efse sich aus den Wärmecapacitäten und den genau bestimmten Dich- eiten vielleicht das Gesetz der Anhäufung der Wärme zwischen den ecülen zum Abstande der Molecüle unter einander finden.

2 Journal de Paris 1784. N. 81. Journal général de France. 1784. Mai. Feu complet. à Paris 1785. 8. Lichtenberg's Magazin für d. Neue- aus d. Phys. u. Naturgesch. Th. II, St. 4. S. 113.

Digitized by Google

viel, wodurch dann die engen Zwischenräume zwischen de einander gestülpten Campanen leicht erhalten werden. diesen wesentlichen Theilen gehören zum Apparate noch pen, Deckel, eine auf der kleineren Grundfläche des liegende Halbkugel, ein aus Planspiegeln zusammenge Büffon'scher Hohlspiegel u. s. w. In der Richtung von nach Süd geht durch das ganze System der Campanen eine Gallerie, die bis an die massive Halbkugel reicht, und mög viele Oeffnungen hat, um diejenigen Körper hinzulegen, welche die erzeugte Wärme einwirken soll.

Dem hellen Sonnenschein eines Frühlingstages aus soll dieser Apparat eine solche Menge Wärme sammeln, dadurch ein Kessel voll Eis von mehr als einer Toise im D messer geschmolzen werde, ein Resultat, welches gewifs aus einer scharfen Berechnung hervorgegangen ist. Er sol ner nicht blofs dazu dienen, die Wärme der Sonnenstrahl sammeln, sondern auch die eines hellen Küchenfeuers, und durch eine Ersparung von Brennmaterial erzielt werden. dieses zu erreichen, giebt DU CARLA noch verschiedene M ficationen seines Apparates an, die im Allgemeinen darauf auskommen, dafs man die strahlende Wärme auf ein Sy von abwechselnd dünnen und dichten Körpern fallen läfst

Die kaum verständliche Theorie dieser Erscheinungen ruht hauptsächlich auf dem Satze, dafs sich die Wärm Flächen, wo sich zwei verschiedene Körper berühren, im hältnifs der Dichten dieser Körper mittheilen soll. Da abe Glas ungefähr 2000mal dichter ist, als die Luft, so läfst annehmen, dafs bei gleicher Temperatur das Glas in glei Raume eine 2000mal gröfsere Wärmemenge, als die Luft halte. Wenn sich also Wärme an einer Fläche mittheilt, Glas und Luft sich berühren, so theilt das Glas der Luft Grade mit, indem es nur einen einzigen verliert, die Luft gegen theilt dem Glase nur $\frac{1}{2000}$stel Grad mit, indem sie Grad verliert. Hiernach nimmt der Apparat so viele W an, als wenn er ganz aus Glas bestände, weil seine ganze M aus 2000 Theilen Glas und nur einem Theil Luft besteht, liert aber nur so viel, als wenn er ganz aus Luft bestä weil er rücksichtlich der Räume zwischen den Campanen Luft besteht. Seine Mittheilung an die äufsere Luft wird 2000mal geringer seyn, als wenn er ganz aus Luft bestä oder, was dasselbe ist, die abwechselnden Glocken von G und Luft berühren sich in 2000mal wenigern Puncten, wenn der ganze Apparat aus massivem Glase bestände, und gesammte Wärmemenge hat also 2000mal weniger Wege, s von der Mitte nach der Oberfläche fortzupflanzen.

Druck von C. P. Melzer in Leipzig.

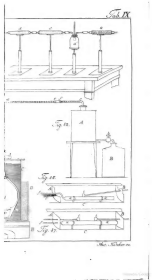


Fig. IX.
A
B
Fig. X.
Fig. XI.
Fig. XII.

d by Google

HOME U

Digitized by Google

RETURN TO
CIRCULATION DEPARTMENT
202 Main Library

LOAN PERIOD 1
HOME USE

2 3 4

ALL BOOKS MAY BE RECALLED AFTER 7 DAYS
4-month books may be renewed by calling 642-3405
6-month books may be recharged by bringing books to Circulation Desk
Renewals and recharges may be made 4 days prior to due date

DUE AS STAMPED BELOW

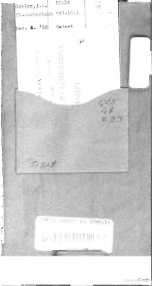
INTERLIBRARY LOAN

UNIV. OF CALIF., BERK.

JUN 16 1978

JUN 14 1980

CIRCULATION

FORM NO. 36, 4/76, 10M

UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY
BERKELEY, CA 94720